LE CORPS HUMAIN

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

INFLUENCE

DE L'EXERCICE SUR L'ORGANISME

PAR

LE Dr DETTLING

Médecin Major de 2e classe à l'École Normale Militaire
de Gymnastique et d'Escrime.

Avec 310 figures dans le texte.

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1905


22102201032

LE CORPS HUMAIN

LE
CORPS HUMAIN

ANATOMIE
ET PHYSIOLOGIE

INFLUENCE
DE L'EXERCICE SUR L'ORGANISME

PAR

LE D[r] DETTLING

Médecin Major de 2e classe à l'École Normale Militaire
de Gymnastique et d'Escrime.

Avec 310 figures dans le texte

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1905

AVANT-PROPOS

Une méthode d'éducation physique ne saurait être rationnelle, que si elle est basée sur la connaissance de la structure anatomique de l'organisme humain et des lois physiologiques, qui régissent le fonctionnement normal de ses rouages complexes; pour être féconde en résultats, elle doit reposer également sur l'étude des effets de l'exercice. L'instructeur ne peut ni comprendre, ni expliquer le mécanisme des différents mouvements, il est incapable de choisir les exercices convenables et de les faire exécuter de la façon la plus avantageuse, s'il ignore l'anatomie et la physiologie de l'homme; le résultat sera non seulement nul, mais il pourra même devenir nuisible, si l'instructeur n'a pas saisi les modifications produites par le travail, s'il ne s'est pas rendu compte de l'influence heureuse que l'exercice bien compris a sur l'organisme, ou des inconvénients et parfois des accidents que, mal appliqué, il est susceptible de provoquer.

Chargé d'exposer aux officiers stagiaires de l'École normale de Gymnastique ces notions d'anatomie et de physiologie humaines, ainsi que les effets des exercices sur l'homme, nous cédons au désir, qu'ils ont bien voulu maintes fois nous exprimer, d'avoir ces conférences entre leurs mains; nous avons complété à leur intention les leçons orales faites depuis un an.

Le stage de trois mois, pour lequel les futurs instructeurs militaires sont appelés à l'Ecole, est incontestablement trop court pour qu'ils se familiarisent avec toutes ces notions; aussi est-il indispensable — le règlement d'ailleurs le recommande — qu'ils aient à leur arrivée les connaissances théoriques voulues, pour tirer un profit immédiat de la pratique des exercices physiques. C'est surtout à ces candidats que nous avons pensé, en rédigeant l'enseignement, donné à l'Ecole, conformément au programme ministériel : afin de faciliter leur initiation et de leur éviter des hésitations et des pertes de temps en recherches incertaines, nous leur présentons, comme guide, un ensemble de toutes les connaissances, qui leur seront si utiles dans l'apprentissage d'abord et l'exécution ensuite du rôle d'éducateur physique dans l'armée. Préparé dans ces conditions, leur séjour à l'Ecole deviendra ce qu'on veut qu'il soit, une récapitulation éminemment profitable.

LE CORPS HUMAIN

INTRODUCTION

Le corps de l'homme est essentiellement constitué par une agglomération d'éléments anatomiques primitifs, auxquels on donne le nom de *cellules*.

La cellule est une vésicule microscopique, de forme variable, arrondie en principe ; elle comprend du *protoplasma*, un *noyau* et une *membrane d'enveloppe*. Le protoplasma est une substance albuminoïde, d'aspect gélatineux; il représente la partie active, car il est doué de contractilité et réalise le mouvement, qui est la propriété caractéristique de la vie. Le noyau est formé par un corpuscule opaque, situé dans l'intérieur du protoplasma ; la membrane d'enveloppe limite la cellule et a un rôle protecteur : elle peut manquer.

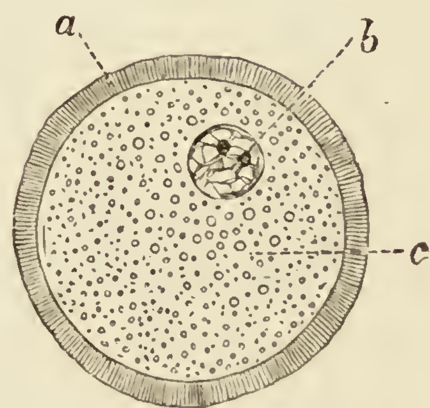


Fig. 1. — Structure de la cellule (Pizon, *Anatomie animale*).
a, membrane. — *b*, noyau. — *c*, protoplasma.

Certains animaux ne sont constitués que par une cellule : ces *êtres uni-cellulaires* jouissent cependant de la motilité et de la sensibilité, ils se nourrissent et se multiplient. Ils vivent dans des milieux liquides et s'y déplacent sans cesse, en émettant des prolongements protoplasmiques ; lorsqu'ils rencontrent une particule nutritive, le contact de celle-ci provoque des mouvements plus actifs et des prolongements plus nombreux, qui englobent la particule et l'incorporent dans la cellule ; l'animal rejette de même, à l'extérieur, la partie non utilisée ou la met en réserve, sous forme

de granulations incorporées au protoplasma. Les êtres uni-cellulaires se multiplient par l'accroissement de leur contenu et la division de la cellule, généralement en deux segments, qui constituent autant d'êtres nouveaux. Nous retrouverons chez l'homme des vestiges de cette vie uni-cellulaire : notre sang renferme des corpuscules, qui se déplacent par des prolongements protoplasmiques ; certaines substances, comme la graisse, sont mises en réserve par l'organisme humain dans les éléments cellulaires, sous forme de granulations très fines.

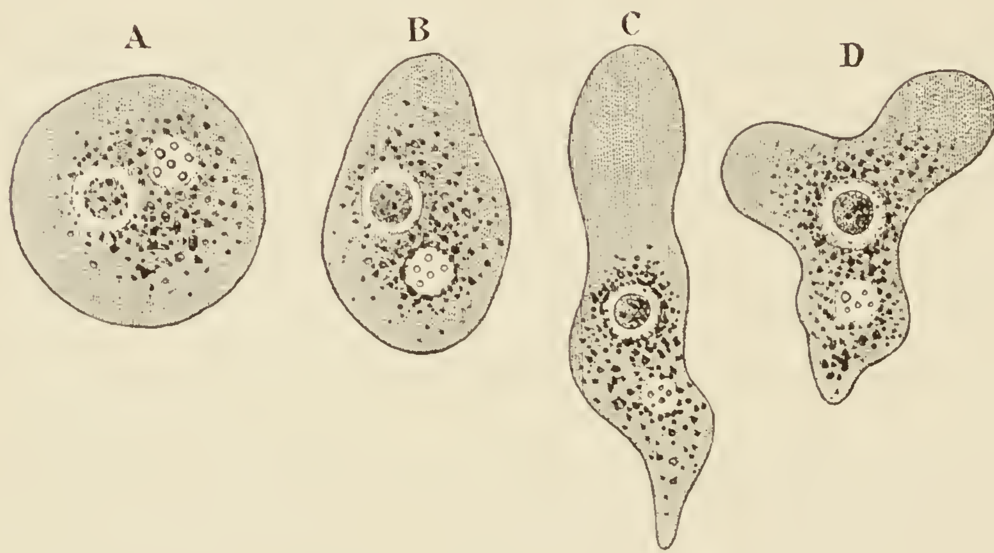


Fig. 2. — Changements de forme d'un être uni-cellulaire en mouvement (Pizon, *Anatomie animale*).

Associées en nombre plus ou moins considérable, les cellules constituent des *êtres pluri-cellulaires*, dont l'homme est le plus parfait. Lorsque ces agglomérations sont rudimentaires, les cellules sont toutes identiques, de forme pareille et de fonction semblable ; mais dans les colonies cellulaires considérables, tout comme dans notre société organisée, les éléments composants se différencient et subissent la loi de la division du travail, afin de réaliser, chacun dans sa spécialité, un rendement meilleur et un fonctionnement plus parfait, pour le plus grand bien de l'organisme entier. Primitivement arrondies, les cellules prennent les formes les plus variées et subissent des modifications multiples : les unes réalisent un recouvrement protecteur, qui deviendra la peau, les autres

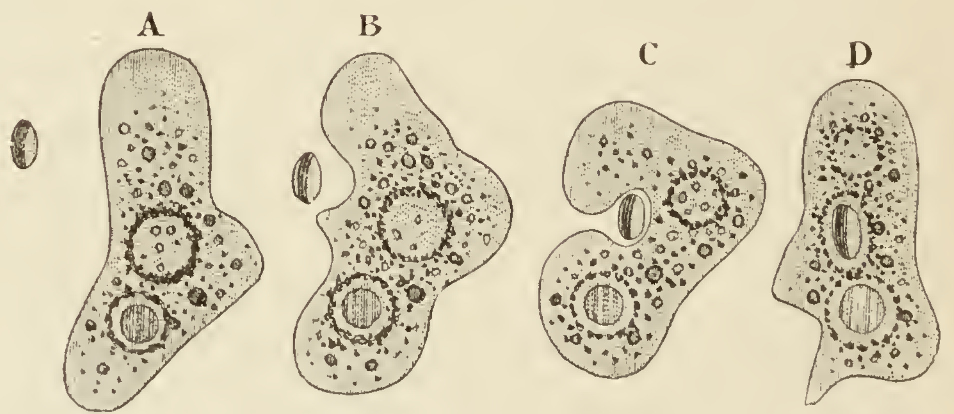


Fig. 3. — Être unicellulaire englobant une particule nutritive (Pizon, *Anatomie animale*).

s'adaptent à la sensibilité et se groupent pour former les organes des sens; certaines resteront contractiles et se transformeront en fibres musculaires; il y en a qui constituent à l'intérieur du corps un canal d'abord rudimentaire, destiné à recevoir les aliments, et dont dérive le tube digestif; les produits nutritifs, élaborés par la digestion, circulent dans le corps grâce à un liquide, dans lequel baignent d'abord tous les éléments cellulaires, mais qui deviendra chez les animaux supérieurs le sang, enfermé dans une canalisation close; certaines cellules enfin règlent le fonctionnement de toutes les autres et coordonnent leur activité, formant par leur groupement l'ébauche du système nerveux, si parfait chez l'homme.



Fig. 4. — Reproduction de l'être unicellulaire.

En parcourant ainsi l'échelle animale de bas en haut, on constate une différenciation d'autant plus profonde, que l'organisme est plus complexe; les éléments, doués des mêmes propriétés, se juxtaposent pour former des *tissus*, adaptés chacun à une fonction spéciale; dans le corps humain, on rencontre du tissu osseux, du tissu musculaire, du tissu nerveux, etc. Par leur agglomération, les tissus constituent les *organes*, dont chacun a une forme définie et produit un travail déterminé: la langue, l'estomac, le foie, l'intestin, sont autant d'organes distincts, formés chacun de plusieurs tissus différents. Enfin, les organes, qui se groupent pour concourir à l'accomplissement d'une fonction générale, constituent des *appareils*; l'association des organes précités réalise l'appareil digestif et chacun d'eux joue un rôle partiel et différent dans l'accomplissement de la fonction digestive. Ce coup d'œil, allant du

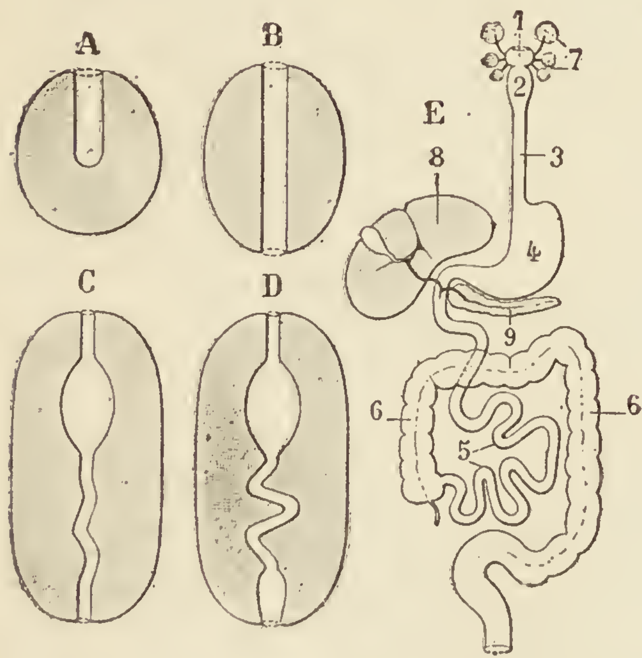


Fig. 5. — Développement du tube digestif (Testut, *Anatomie humaine*).

A, cavité digestive en cul-de-sac. — B, tube digestif avec deux orifices. — C, apparition du renflement stomacal. — D, tube digestif avec estomac, intestin grêle et gros intestin. — E, tube digestif complet.

simple au composé, de l'être le plus rudimentaire à l'homme, qui est l'organisme le plus compliqué, fait prévoir que notre corps est un assemblage d'appareils, d'organes et de tissus, ayant pour point de départ des éléments primordiaux, qui sont des cellules ou des dérivés de cellules.

Si l'on considère maintenant le développement de l'organisme humain, on constate que tous ces éléments primordiaux ont pour origine une cellule unique, *l'ovule*. Celui-ci a, en effet, la structure d'une cellule complète, qui, après fécondation, se segmente en deux cellules filles; celles-ci, à leur tour, donnent naissance à deux nouveaux segments, puis chacun de ces derniers à deux autres et ainsi de suite. De cette multiplication résulte une agglomération de cellules d'abord identiques ; mais, à un stade plus avancé, les éléments constitutifs se différencient, en vue de la division du travail, et s'adaptent à des fonctions différentes. Faisons un pas de plus dans l'évolution de l'organisme : la juxtaposition des cellules de même nature et de même aptitude fonctionnelle va constituer les tissus, de mieux en mieux déterminés avec l'âge ; ensuite apparaissent les organes d'abord simples de forme, puis de plus en plus compliqués, au fur et à mesure que l'organisme se développe; enfin, la réunion des organes de même nature formera des appareils et alors l'homme est apte à la vie. En résumé, l'être humain passe au cours de son développement par des formes transitoires, qui sont analogues à celles que présentent, à l'état permanent, les êtres de plus en plus perfectionnés de l'échelle animale.

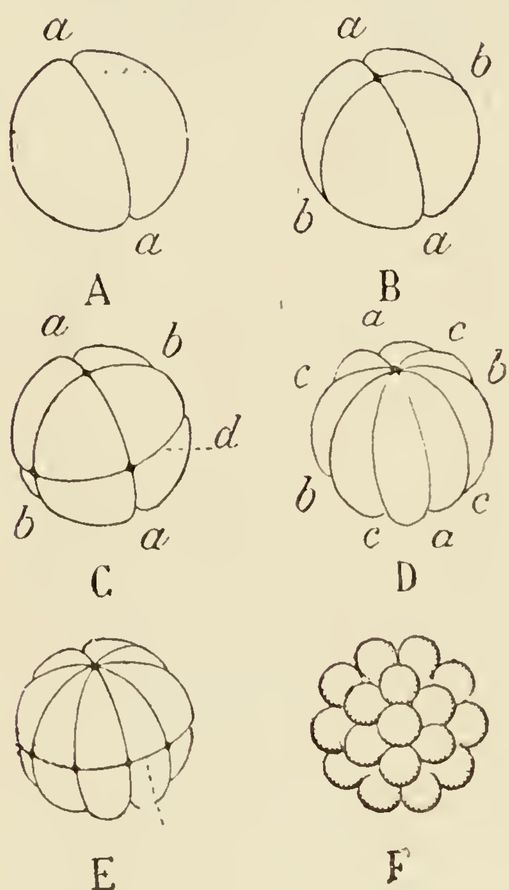


Fig. 6. — Phases de la segmentation de l'ovule (Pizon, *Anatomie animale*).

La forme extérieure de notre corps est symétrique par rapport à un plan vertical, qui, dirigé d'avant en arrière, le partagerait en deux moitiés égales; au point de vue de sa configuration, il pré-

sente trois parties principales, la *tête*, le *tronc* et les *membres*.

La tête comprend le *crâne* et la *face*; le premier renferme le système nerveux central, la seconde abrite quatre organes des sens, ceux de la vue, de l'ouïe, de l'odorat et du goût, ainsi que la partie initiale du tube digestif et de l'appareil respiratoire.

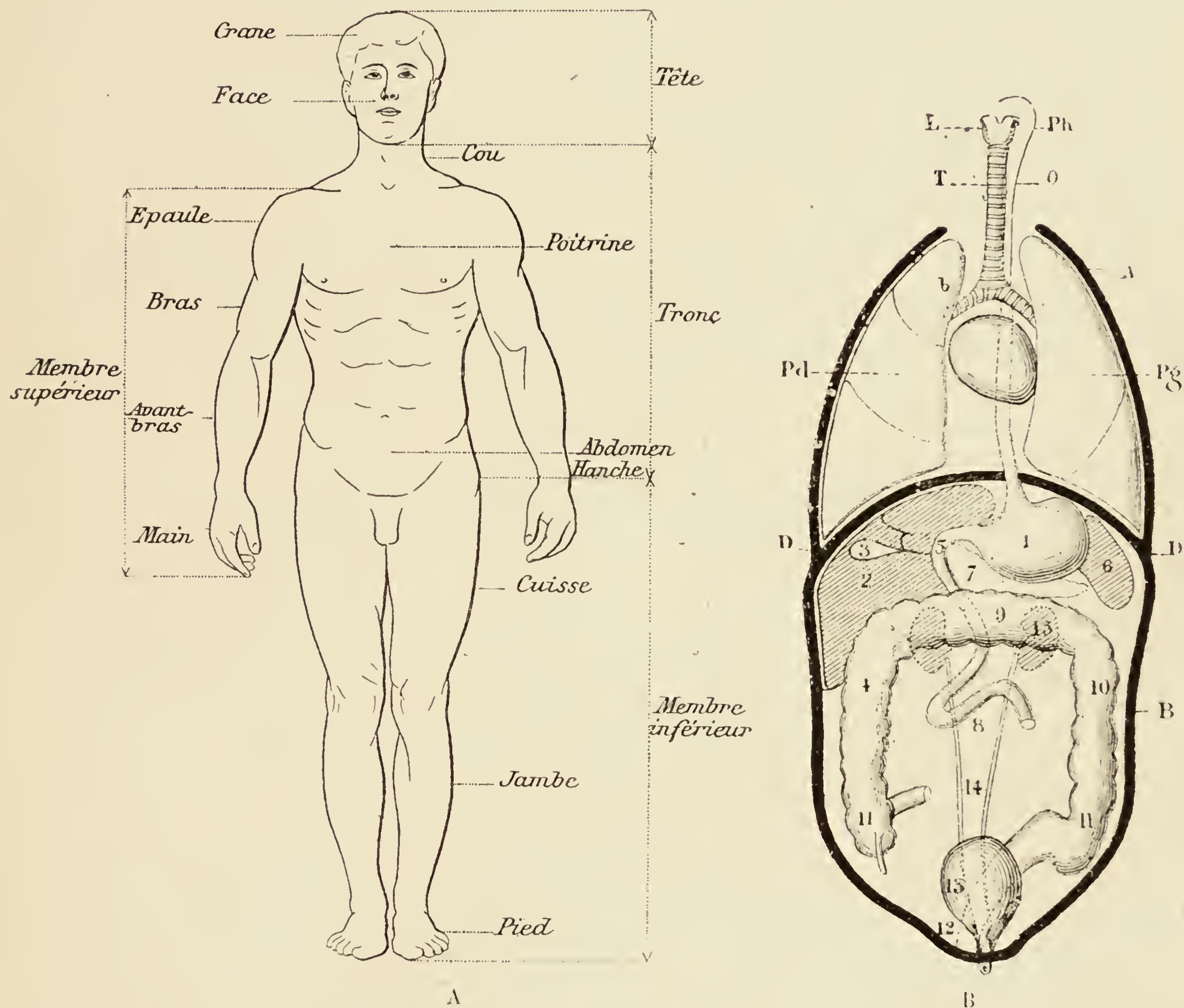


Fig. 7. — A, vue d'ensemble du corps. — B, répartition des organes dans la poitrine et l'abdomen (Pizon, *Anatomie animale*).

A, thorax. — B, abdomen. — DD, voûte musculaire qui le sépare. — *Ph*O, partie initiale de l'appareil digestif. — LT, partie initiale de l'appareil respiratoire. — P*d*, P*g*, poumons englobant le cœur. — 1, estomac. — 2, 3, foie. — 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, intestin. — 6, rate. — 7, pancréas, — 13, 14, 15, vessie et reins.

Le tronc se subdivise en quatre régions, le *cou*, la *poitrine* ou *thorax*, le *ventre* ou *abdomen* et le *dos*. Le cou relie au tronc la tête, à laquelle il sert de support; la poitrine contient le cœur et les poumons; dans le ventre sont logés les organes digestifs, estomac, intestin, foie, pancréas, puis la rate et l'appareil urinaire, reins et vessie; le dos comprend toute la face postérieure du tronc.

Les membres sont au nombre de quatre, deux *supérieurs* et deux *inférieurs*, placés symétriquement de chaque côté du tronc; ils sont formés d'une charpente osseuse, entourée de masses musculaires et comprennent chacun quatre segments, mobiles les uns sur les autres et désignés comme suit :

Membre supérieur : *épaule*, *bras*, *avant-bras*, *main* ;

Membre inférieur : *hanche*, *cuisse*, *jambe*, *pied*.

Les membres constituent par excellence les organes du mouvement; les supérieurs servent à la préhension des objets, les inférieurs à la locomotion.

Après ces préliminaires, nous entreprendrons dans l'ordre suivant l'étude anatomique et physiologique du corps humain et celle des modifications qu'il subit sous l'influence des exercices :

Fonction de locomotion.	I.	*Squelette.*
	II.	*Articulations.*
	III.	*Muscles.*
Fonction de nutrition.	I.	*Circulation.*
	II.	*Respiration.*
	III.	*Digestion.*
	IV.	*Nutrition proprement dite.*
Fonction d'innervation.		*Système nerveux.*
Influence de l'exercice sur l'organisme.	I.	*Effets utiles et résultats des exercices.*
	II.	*Effets nuisibles et accidents des exercices.*
	III.	*Hygiène des exercices.*

FONCTION DE LOCOMOTION

I

SQUELETTE

Le squelette est constitué par un ensemble d'organes durs et résistants, les *os*, qui sont unis les uns aux autres; il forme la charpente du corps, sert de soutien aux parties molles, protège des organes importants (crâne, thorax, bassin), donne insertion aux muscles et constitue la partie passive de l'appareil locomoteur.

Son poids varie chez l'adulte entre 5 et 6,5 kilogrammes.

La taille est basée sur la hauteur du squelette; il existe une proportion constante entre la longueur de chaque pièce osseuse et la stature de l'homme.

Le nombre des os du squelette est d'environ 200; on les répartit ainsi :

Tête	Crâne	8	23
	Face	14	
	Os hyoïde	1	
Tronc	Colonne vertébrale	26	51
	Côtes	24	
	Sternum	1	
Membres	Supérieur	64	124
	Inférieur	60	
	Total		198

Nous considérerons d'abord *l'os en général*, puis, après un aperçu sommaire du squelette de la *tête*, nous nous arrêterons plus longuement à la charpente du *tronc*, du *membre supérieur*

et du *membre inférieur*, qui prennent une part prépondérante

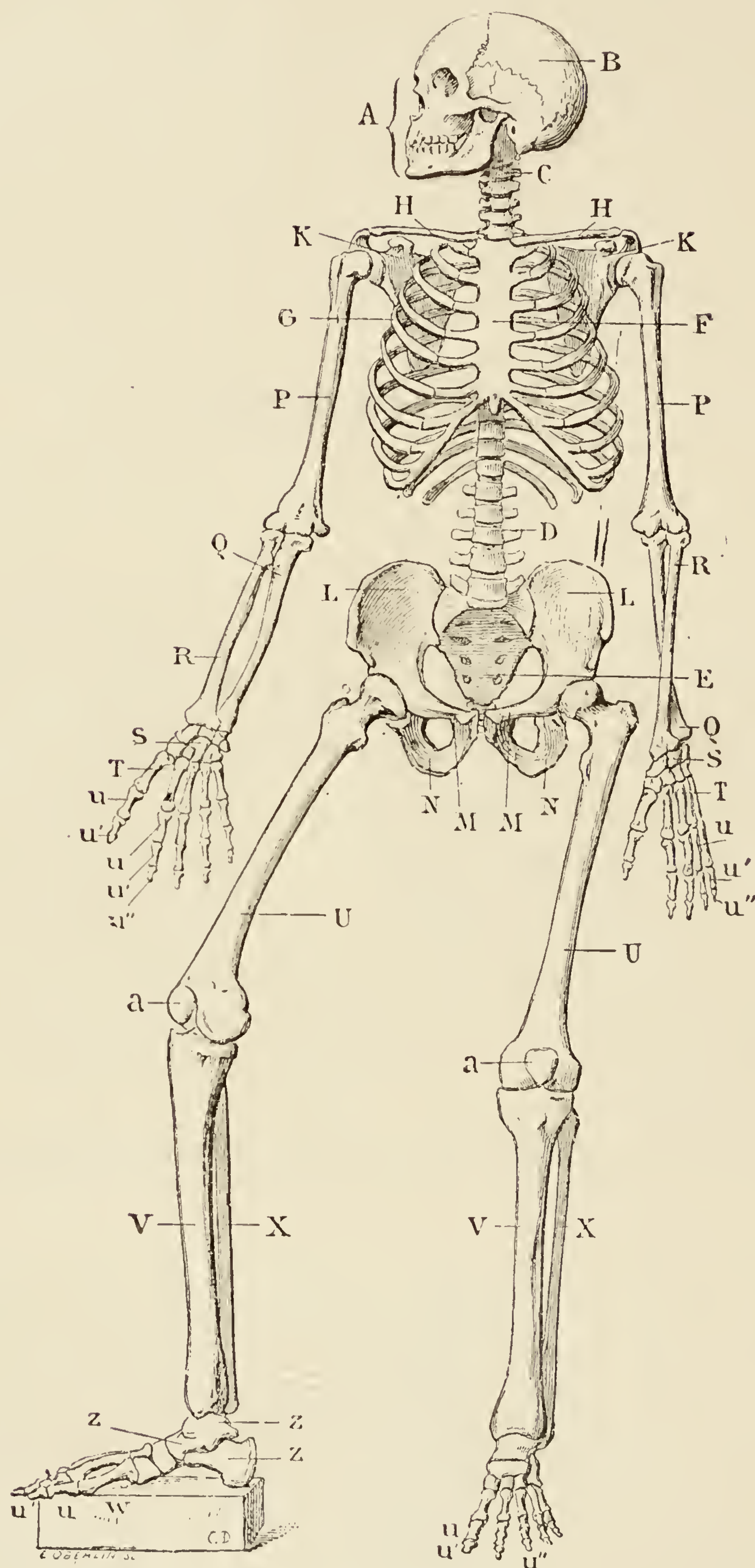


Fig. 8. — Ensemble du squelette (Pizon, *Anatomie animale*).

aux exercices, et nous terminerons par la *comparaison des membres*.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DE L'OS

Il y a intérêt à connaître dans un os sa *conformation extérieure*, sa *conformation intérieure*, sa *composition chimique* et son *développement*.

§ 1. — Conformation extérieure

Les différentes pièces du squelette présentent une *forme* variable ; on remarque à leur surface des *éminences*, des *dépressions*, des *trous* et des *canaux*, enfin une membrane d'enveloppe, le *périoste*.

A. Forme générale. — Elle sert de base à leur classification en os *longs*, *plats* et *courts*.

a. *Os longs*. — Un diamètre l'emporte sur les deux autres (os des membres) ; un os long présente un corps ou *diaphyse* et deux extrémités ou *épiphyses*.

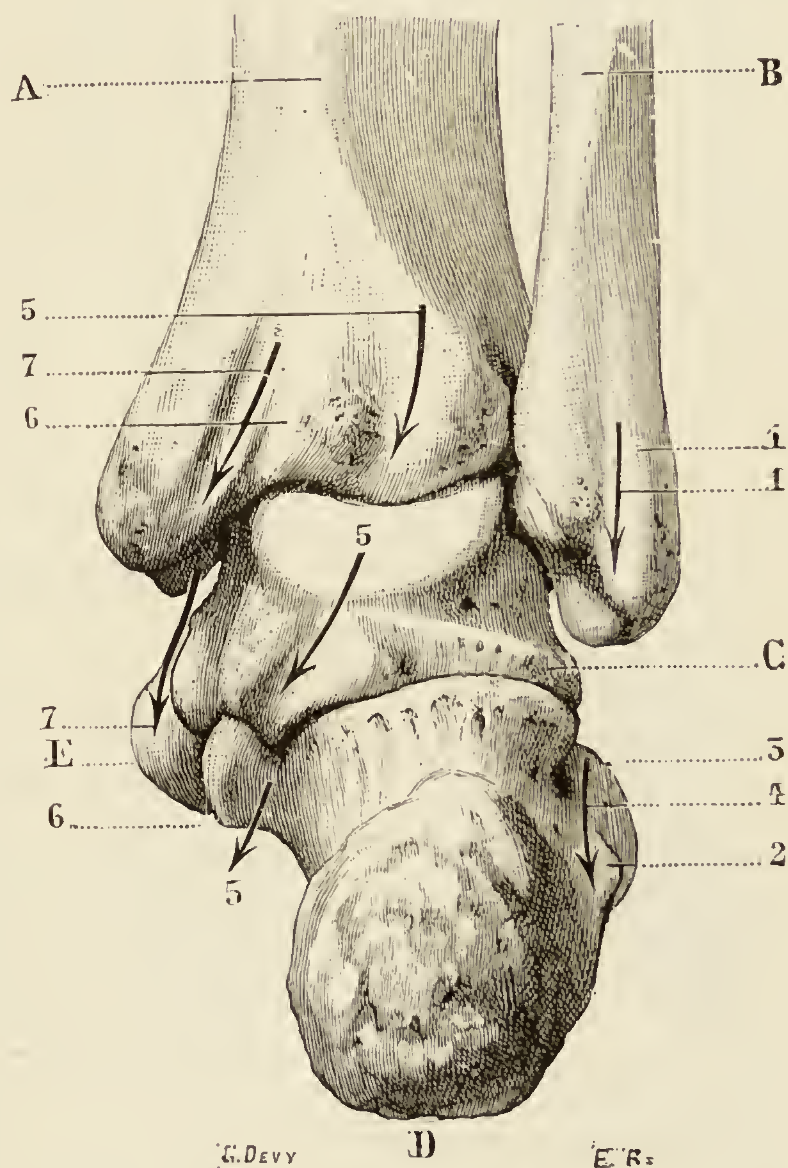


Fig. 9. — Gouttières de passage sur l'extrémité inférieure du tibia et du péroné, pour les tendons allant de la jambe au pied (Testut, *Anatomie humaine*).

A, tibia. — B, péroné. — C, astragale. — D, calcanéum. — E, scaphoïde. — 1 à 7, gouttières osseuses : les flèches indiquent la direction des tendons qu'elles logent.

b. *Os plats*. — Deux diamètres, la longueur et la largeur, prédominent (os du crâne).

c. *Os courts.* — Les trois diamètres sont sensiblement égaux et la forme plus ou moins cubique (os du pied).

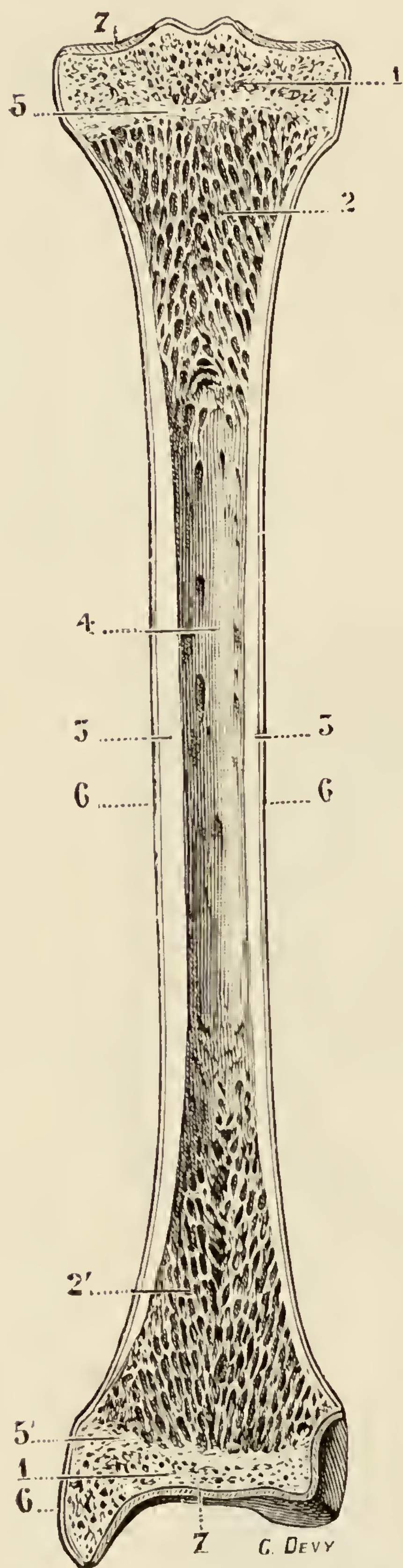


Fig. 10. — Coupe longitudinale d'un os long (Testut, *Anatomie humaine*).

1 et 2, tissu spongieux de l'épiphyse. — 3, tissu compact de la diaphyse. — 4, canal médullaire. — 6, périoste. — 7, cartilage articulaire.

B. Éminences. — La surface des os présente des saillies, les unes articulaires, les autres servant de point d'insertion à des muscles ou à des ligaments et portant les noms variés d'*apophyses*, *tubérosités*, *épines*, *crêtes ;* on en rencontre sur chaque pièce du squelette, comme nous le verrons.

C. Dépressions. — Les unes sont également articulaires, les autres se présentent sous forme de gouttières pour le passage de tendons, de nerfs et de vaisseaux (extrémités inférieures du radius et du tibia) ; il y a de véritables fosses logeant des organes importants (fosses orbitaires) ; certains os renferment des cavités intérieures ou *sinus*, destinées à les alléger (face).

D. Trous et canaux. — Chaque os est pourvu d'un ou plusieurs *canaux nourriciers*, laissant passer les vaisseaux, qui alimentent la substance osseuse ; d'autres, appelés *fentes*, *fissures*, *scissures*, servent au passage de nerfs et de vaisseaux (base du crâne).

E. Périoste. — C'est une membrane fibreuse et vasculaire, qui entoure l'os frais ; elle sert à la nutrition de ce dernier : un os dépouillé de son périoste ne tarde pas à se nécroser ; elle joue également dans l'ossification un rôle important, sur lequel nous reviendrons plus loin.

§ 2. — CONFORMATION INTÉRIEURE

L'aspect intérieur et la structure varient selon qu'il s'agit d'un os *long*, *plat* ou *court*.

A. STRUCTURE D'UN OS LONG. — Sa conformation intérieure n'est pas la même dans la *diaphyse* que dans l'*épiphyse*.

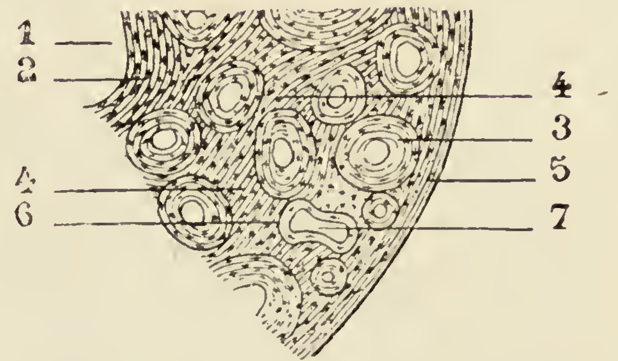


Fig. 11. — Coupe transversale de la diaphyse d'un os long (Testut. *Anatomie humaine*).

1, canal médullaire. — 2, 4, 5, couches concentriques de tissu compact. — 3, 6, 7, canaux de Havers.

a. *Diaphyse*. — La section transversale d'un os long sec montre une cavité centrale, le *canal médullaire*, entouré d'une virole osseuse de *tissu compact* très dur : au microscope, ce dernier se présente sous forme de couches concentriques, analogues aux couches ligneuses

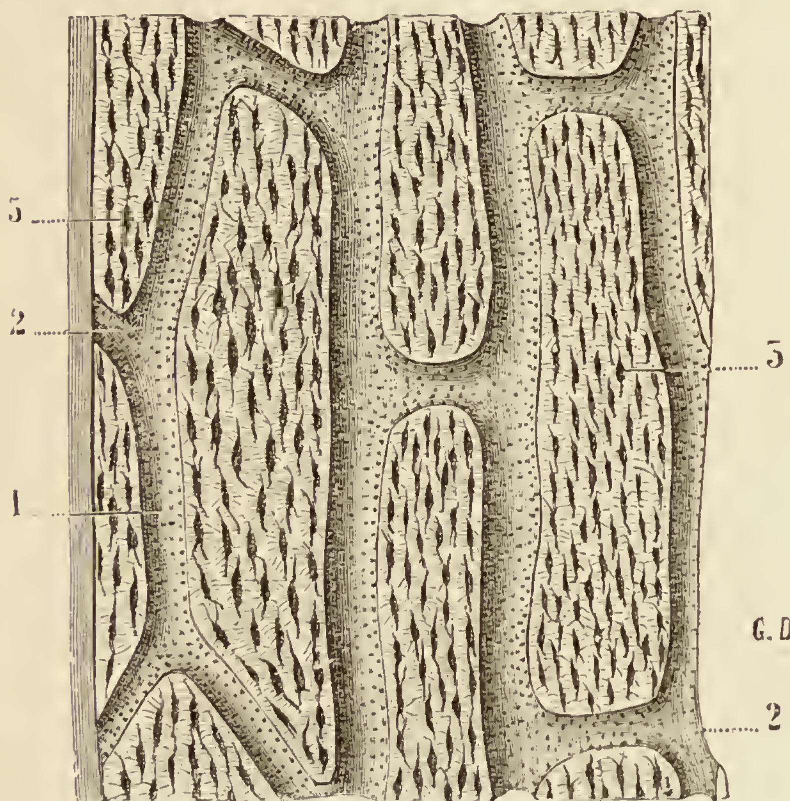


Fig. 12. — Portion de tissu compact vue à un fort grossissement (Testut. *Anatomie humaine*).

1 et 2, canaux de Havers communiquant entre eux. — 3. corpuscules osseux.

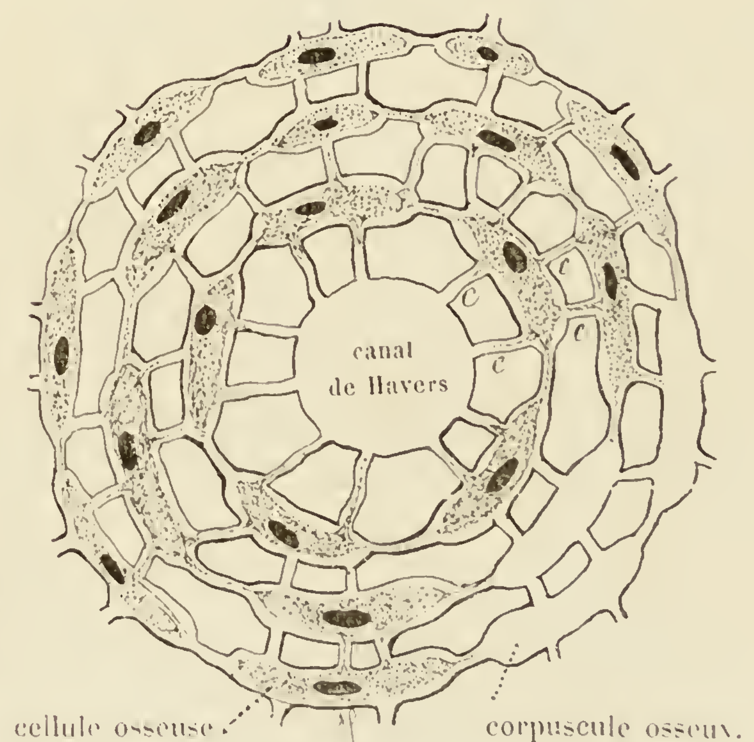


Fig. 13. — Canal de Havers grossi entouré de corpuscules osseux, communiquant entre eux et avec le canal osseux et renfermant des cellules osseuses (Pizon. *Anatomie animale*).

d'un tronc d'arbre ; entre elles on distingue la lumière de fins canalicules, les *canaux de Havers*, et des cavités minuscules, les *corpuscules osseux*. Le canal médullaire, les canaux de Havers et

les corpuscules osseux communiquent ensemble : une injection colorée, faite par un trou pratiqué à l'extrémité d'un os long, sort par un autre trou à l'autre extrémité. L'existence du canal médullaire allège non seulement le poids des os, mais elle augmente encore leur résistance : on démontre en mécanique que de deux colonnes de même nature et de mêmes dimensions, l'une pleine, l'autre creuse, cette dernière est la plus résistante.

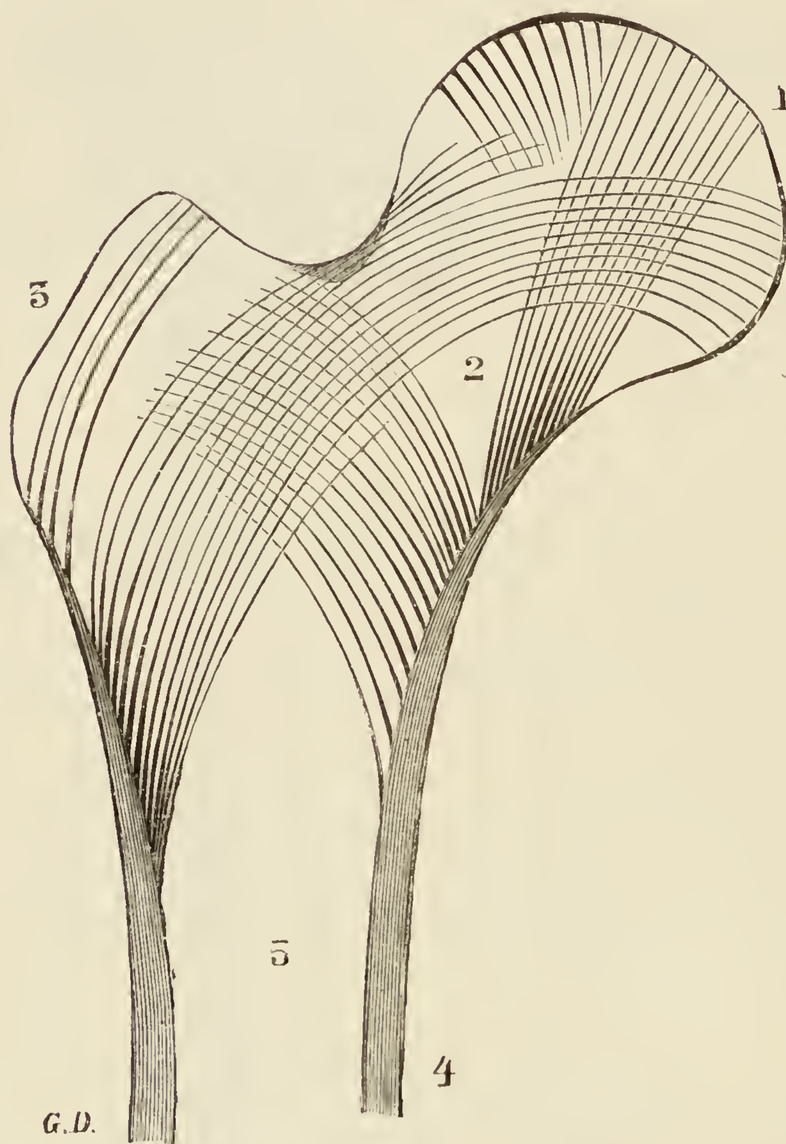


Fig. 14. — Schéma montrant l'architecture de l'extrémité supérieure du fémur (Testut, *Anatomie humaine*).

1, tête fémorale. — 2, col. — 3, grand trochanter. — 4, diaphyse. — 5, canal médullaire.

A l'état frais, le canal médullaire renferme la *moelle osseuse*, substance graisseuse de couleur rouge ou jaune : dans les canaux de Havers cheminent les vaisseaux et les nerfs de l'os : les corpuscules osseux renferment les *cellules osseuses*, qui ont la forme d'araignées et s'anastomosent entre elles.

b. *Épiphyse*. — Le canal médullaire a disparu et la coupe longitudinale d'une épiphyse présente une structure uniforme ; le tissu osseux est arrangé en travées, qui affectent une architecture spéciale pour chaque épiphyse et dépendant des pressions à supporter : leur direction guide celle des traits de fracture par coup de feu. Les aréoles, ainsi délimitées, sont remplies à l'état frais par de la moelle osseuse; l'ensemble figure l'aspect

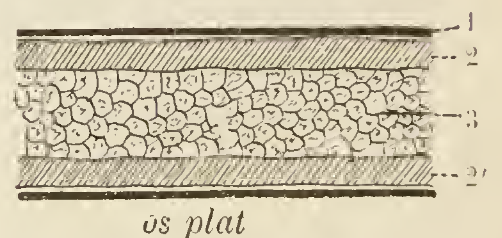


Fig. 15. — Coupe d'un os plat (Pizon, *Anatomie animale*).

1, périoste. — 2, 2, tissu compact. — 3, tissu spongieux.

d'une éponge, d'où le nom de *tissu spongieux* donné à cette variété de tissu osseux.

B. Structure d'un os plat. — Les os plats sont constitués par deux *tables* de tissu compact réunies par une couche intermédiaire de tissu spongieux.

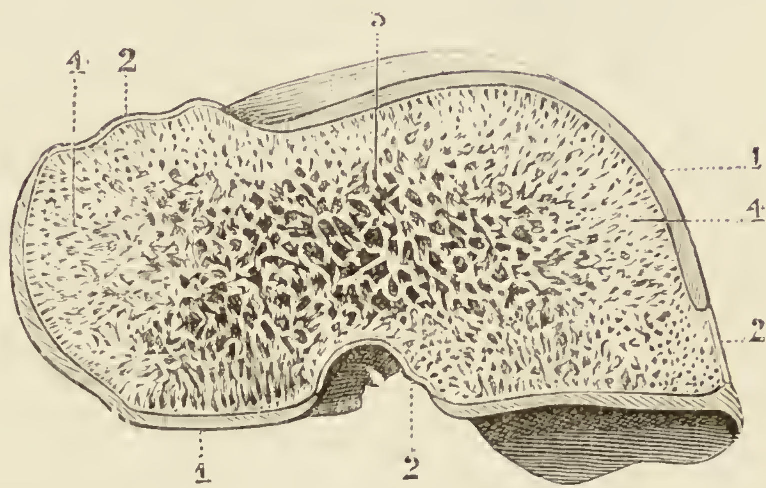


Fig. 16. — Coupe d'un os court (Testut, *Anatomie humaine*).

C. Structure d'un os court. — La surface d'un os court est formée également de tissu compact, enveloppant le tissu spongieux, qui en constitue la masse principale et dont la disposition architecturale varie avec chaque pièce du squelette.

§ 3. — Composition chimique

Deux substances entrent pour les proportions suivantes dans la composition de l'os :

Substance minérale.	33 p. 100
Substance organique	66 »

A. Substance minérale. — C'est un mélange de phosphate et de carbonate de chaux, qui donne à l'os sa dureté; lorsqu'on plonge pendant quelques jours un os dans une solution étendue d'acide chlorhydrique, les sels se dissolvent.

B. Substance organique ou osséine. — On l'obtient sous forme d'une matière cartilagineuse flexible, mais qui conserve la forme de l'os, après décalcification par un acide; par l'ébullition prolongée, l'osséine se transforme en *gélatine*.

§ 4. — Développement

Le squelette de l'embryon est d'abord formé de cartilage, qui reproduit, en petit, la forme des os futurs et s'infiltre à un certain

moment de sels calcaires; pendant l'enfance et l'adolescence, les os augmentent en longueur et en épaisseur. Le développement du squelette présente donc à considérer trois phases : l'*ossification fœtale*, l'*accroissement en longueur* et l'*accroissement en épaisseur*.

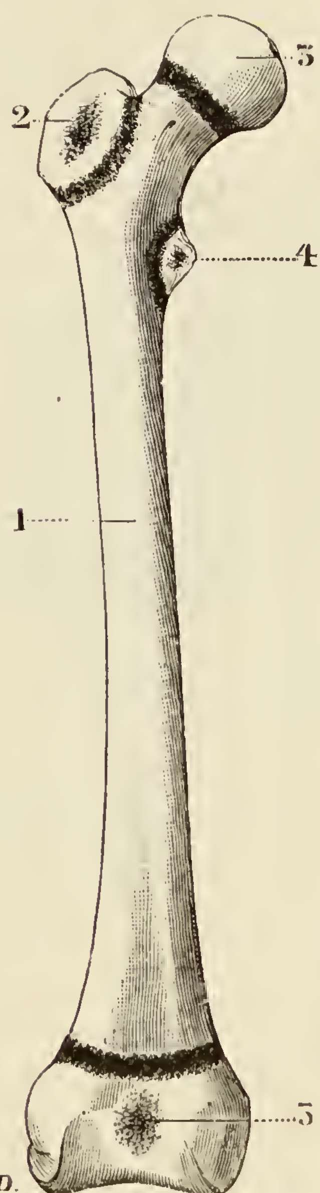


Fig. 17. — Points d'ossification du fémur (Testut, *Anatomie humaine*).

1, diaphyse. — 2, point accessoire du grand trochanter. — 3, point épiphysaire supérieur. — 4, point accessoire pour le petit trochanter. — 5, point épiphysaire inférieur.

A. Ossification foetale. — L'infiltration calcaire débute avant la naissance dans les os cartilagineux par des taches blanches, *les points d'ossification*, qu'on divise en *primordiaux*, dont un *diaphysaire* et deux *épiphysaires*, et en *accessoires*, qui sont en nombre variable avec les apophyses, tubérosités, etc. de chaque os. Autour de ces points, l'ossification s'étend en formant tache d'huile; mais elle ne débute pas simultanément dans toutes les pièces du squelette.

B. Accroissement en longueur. — Au moment de la naissance, la diaphyse et les épiphyses ossifiées sont encore séparées par une couche cartilagineuse, qui constitue le *cartilage de conjugaison*. C'est à ses dépens que se fait l'accroissement du squelette : à son centre, il y a formation constante de tissu cartilagineux, tandis que ses deux bouts subissent sans cesse l'infiltration calcaire. Ollier a démontré par l'expérience suivante le rôle du cartilage : en implantant une série de chevilles à des distances égales sur toute la hauteur d'un os long, il a con-

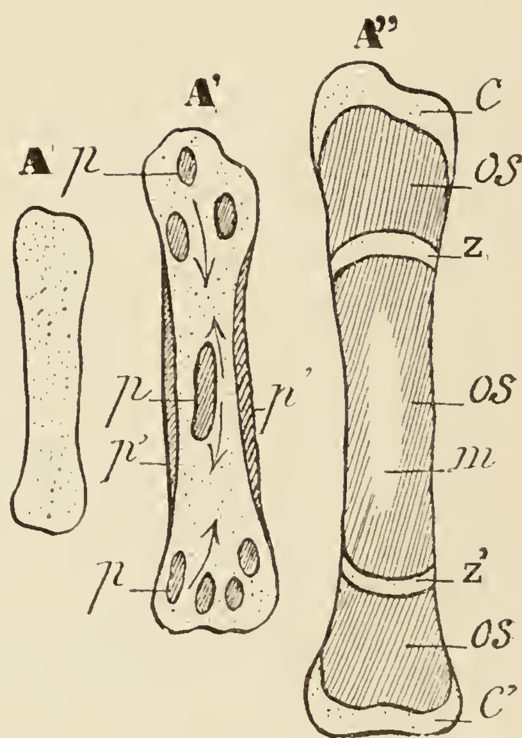


Fig. 18. — Phases de l'ossification fœtale (Pizon, *Anatomie animale*).

A, os cartilagineux. — A', apparition des points d'ossification, *p* ; — *p'*, périoste. — A'', ossification complète de la diaphyse et des épiphyses ; — *m*, canal médullaire en formation ; — *z*, *z'*, cartilage de conjugaison ; — *c*, *c'*, cartilage articulaire.

staté que leur écartement reste invariable sur la diaphyse et les épiphyses, mais qu'il augmente au niveau des cartilages de conjugaison [1].

L'accroissement des cartilages se ralentit après l'adolescence et ils finissent par s'ossifier complètement; la soudure de la diaphyse et des épiphyses se réalise entre vingt et vingt-cinq ans : alors, la taille est définitive et le squelette entièrement développé. Avec l'âge, la charpente osseuse perd de sa résistance et devient plus fragile.

C. Accroissement en épaisseur. — Il est dû au périoste, dont la face interne sécrète des couches osseuses, comme l'écorce d'un arbre donne naissance aux couches ligneuses du tronc. Ce rôle a été démontré par les expériences de Flourens, qui, en nourrissant des pigeons tantôt au régime ordinaire, tantôt avec des aliments teintés de garance, a vu leurs os présenter des zones alternatives rouges et blanches; Ollier a détaché des lambeaux de périoste et les a transplantés au milieu des chairs, où ils ont produit de l'os [2]. Le périoste joue également un rôle ossificateur important dans la production du cal, qui consolide les fractures : la régénération est surtout rapide chez les jeunes sujets, mais elle diminue avec l'âge et devient nulle chez le vieillard, dont les fractures souvent ne se consolident plus.

[1] Une alimentation riche en sels calcaires semble favoriser la formation du squelette ; en privant un jeune animal de ces sels, on le rend rachitique et ses os restent mous.

La structure particulière du squelette infantile, formé en partie d'os dur, en partie de cartilage peu résistant, fait comprendre les déformations qui surviennent sous l'effet du poids du corps, au niveau des cartilages chez les rachitiques et même chez les enfants sains, qu'on fait marcher trop jeunes; l'absence de pression sur les épiphyses explique au contraire l'accroissement plus rapide de la taille chez les jeunes gens qui ont été obligés de garder le lit un certain temps.

[2] On utilise aujourd'hui cette propriété dans certaines opérations qui consistent à enlever des portions d'os malades, en respectant le périoste ; ce dernier comble la perte de substance osseuse.

CHAPITRE II

SQUELETTE DE LA TÊTE

La tête qui est la partie la plus complexe du squelette, comprend 23 os et se divise en *crâne* et *face*.

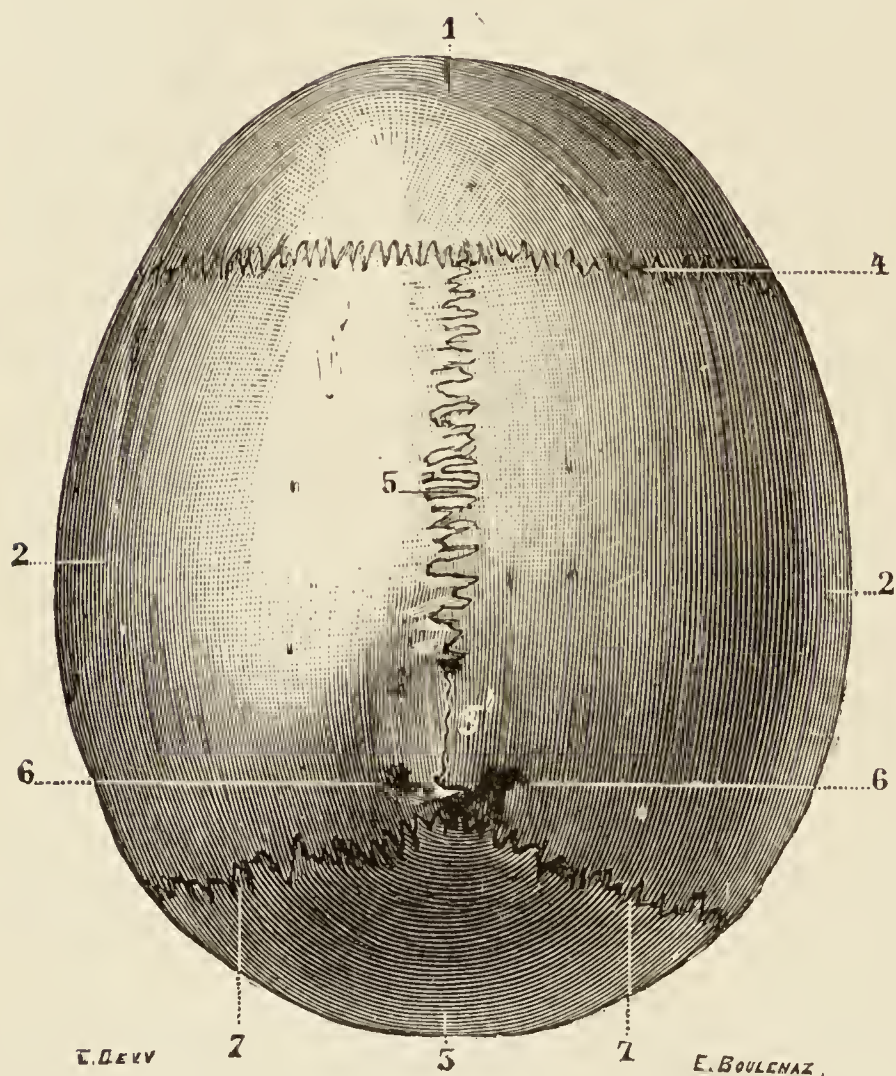


Fig. 19. — Voûte du crâne, vue par sa face extérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, frontal. — 2, 2, pariétaux. — 3, occipital. — 4, 5, 7, leurs sutures.

§ 1. — Crane

Le crâne est un ovoïde à grand pôle postérieur avec un petit axe transversal et un grand axe antéro-postérieur[1]. Il se compose de 8 os plats :

4 impairs et médians : le *frontal*, l'*ethmoïde*, le *sphénoïde*, l'*occipital* ;

4 pairs et latéraux : les *temporaux*, les *pariétaux*.

On décrit au crâne une *voûte* et une *base*.

A. Voûte. — Elle est constituée, en allant d'avant en arrière,

[1] Le rapport de ces deux diamètres constitue l'*indice céphalique*, qui sert de base à la division anthropologique des races humaines en *brachycépales* ou types à tête large et *dolichocéphales* ou types à tête longue, selon que cet indice est supérieur ou inférieur à 0.75.

par le frontal, les pariétaux et l'occipital sur la ligne médiane et latéralement par les temporaux.

B. BASE. — Les os, qui la composent, sont d'avant en arrière le frontal, l'ethmoïde, le sphénoïde et l'occipital. Sa face externe

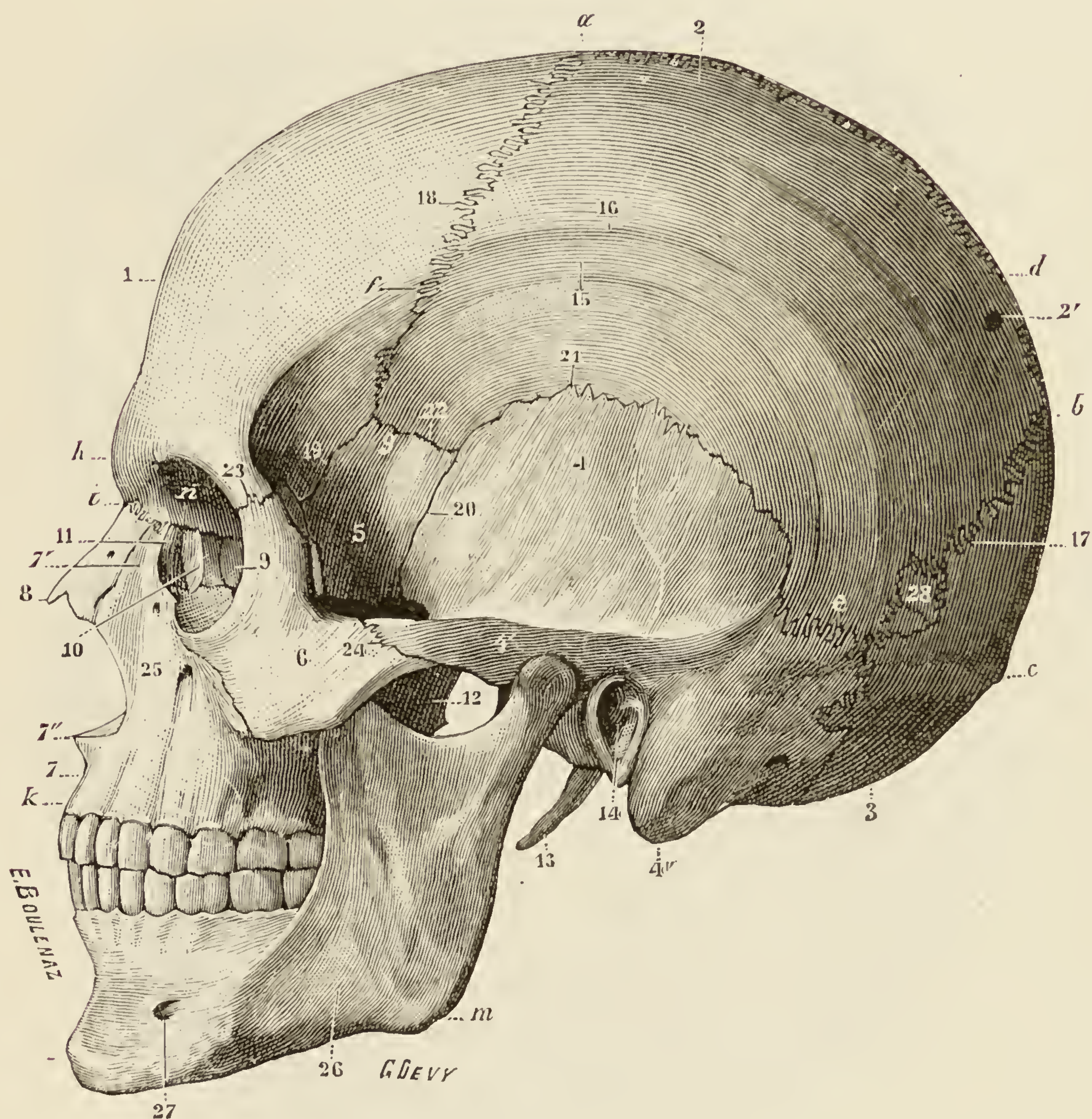


Fig. 20. — Tête, vue par sa face latérale gauche (Testut, *Anatomie humaine*).

1, frontal. — 2, pariétal. — 3, occipital. — 4, temporal, et 4'', son apophyse mastoïde. — 5, sphénoïde. — 6, os malaire. — 7, maxillaire supérieur. — 8, os propre du nez. — 9, ethmoïde. — 10, os lacrymal. — 14, conduit auditif externe. — 26, maxillaire inférieur.

présente sur la ligne médiane de nombreux trous de passage pour des nerfs et des vaisseaux, plus en arrière le *trou occipital* et de chaque côté de celui-ci, les *condyles occipitaux* ; sur les côtés, on remarque *l'arcade sourcilière*, la *voûte orbitaire*, les *fosses temporales*, le *conduit auditif externe* et *l'apophyse mastoïde*.

La face interne de la base est divisée en trois étages :

a. Les *fosses cérébrales antérieures*, couchées sur les voûtes orbitaires ;

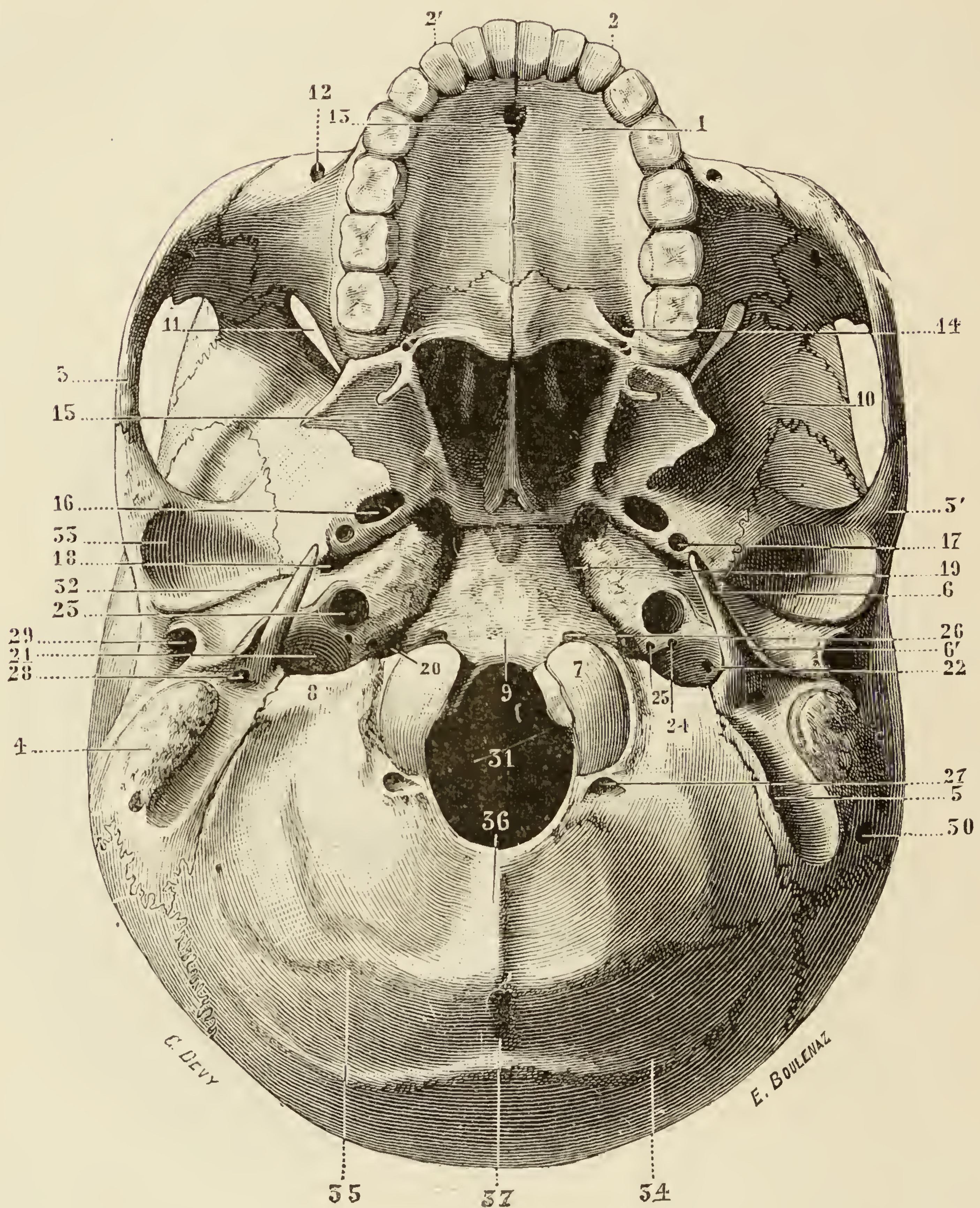


Fig. 21. — Base du crâne, vue par sa face inférieure (Testut, *Anatomie humaine*).
1, voûte palatine. — 4, apophyse mastoïde. — 7, condyle de l'occipital. — 10, sphénoïde. — 11 à 28, fentes et trous de passage pour nerfs et vaisseaux. — 29, conduit auditif externe. — 31, trou occipital.

b. Les *fosses cérébrales moyennes*, séparées de l'étage postérieur par le rocher, qui loge l'oreille ;

c. Les *fosses cérébelleuses*, dans lesquelles débouche le trou occipital.

§ 2. — Face

Elle est représentée par un massif pyramidal, situé à la partie

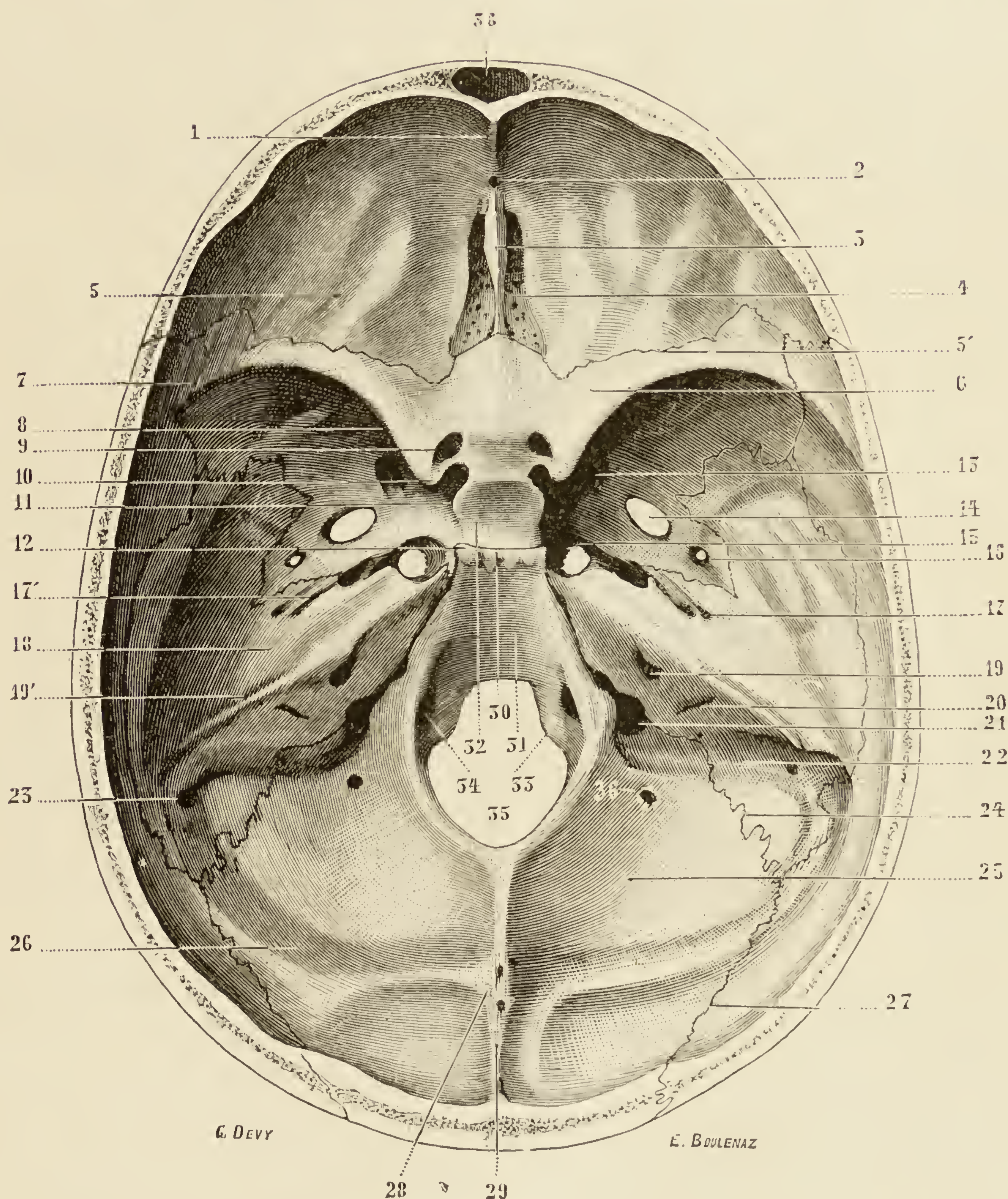


Fig. 22. — Base du crâne, vue par sa face interne (Testut, *Anatomie humaine*).
1, Fosses cérébrales antérieures. — 2, 3, ethmoïde. — 4, frontal. — 6, sphénoïde. — 13, fosses cérébrales moyennes. — 18, rocher. — 25, fosses cérébelleuses. — 35, trou occipital.

antérieure et inférieure du crâne, et comprend la *mâchoire supérieure* et la *mâchoire inférieure* avec 14 os ; à la face, on rattache *l'os hyoïde*.

A. Machoire supérieure. — Elle est formée de 13 os :

1 impair : le *vomer* ;

6 pairs : les *maxillaires supérieurs*, les *os malaires*, les *os lacrymaux*, les *cornets inférieurs*, les *os propres du nez*, les *palatins*.

Ils se groupent autour des maxillaires supérieurs, qui sont les plus volumineux et renferment des sinus pour diminuer leur poids.

La mâchoire supérieure a une face sous-cutanée, sur laquelle fait saillie l'os malaire, qui forme la *pommette* ; par sa face supérieure,

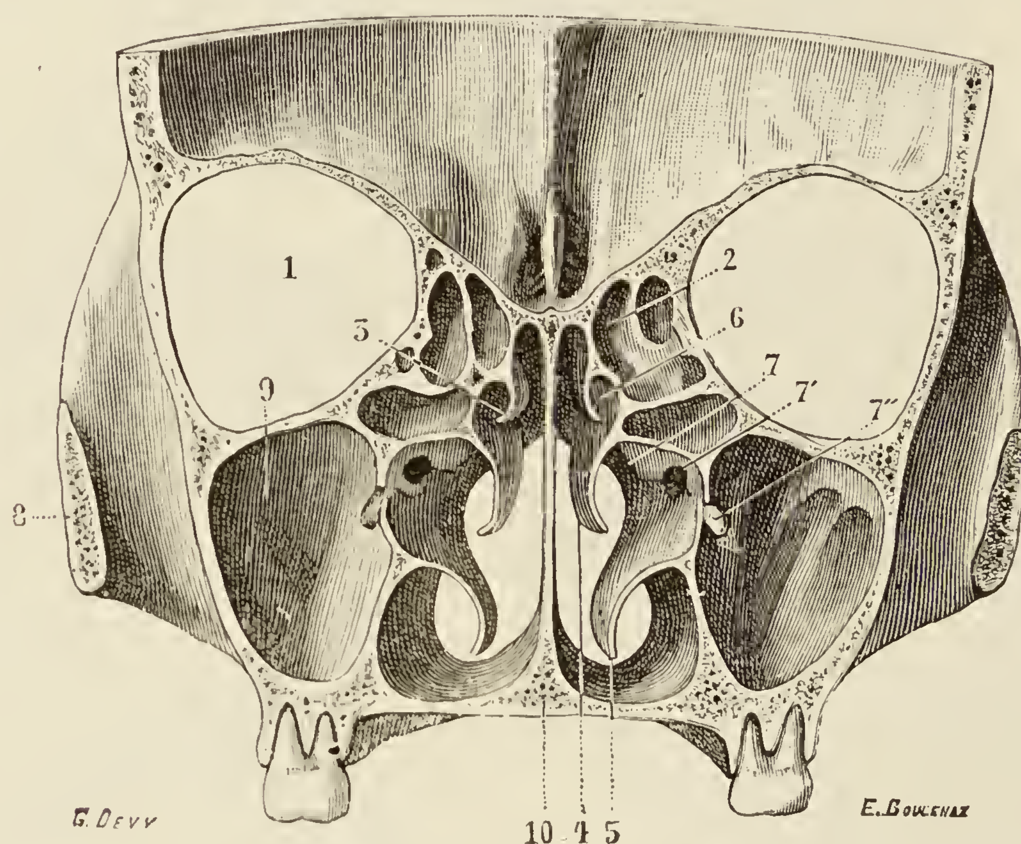


Fig. 23. — Coupe verticale et transversale des os de la face ; fosses nasales (Testut, *Anatomie humaine*).

1, orbite. — 2, ethmoïde. — 3, cornet supérieur. — 4, cornet moyen. — 5, cornet inférieur. — 6, méat supérieur. — 7, méat moyen. — 8, os malaire. — 9, sinus maxillaire. — 10, vomer s'unissant à la voûte palatine.

elle est rattachée à la base du crâne et forme le plancher des orbites ; sa face inférieure, appelée *voûte palatine*, est constituée par les os palatins et porte *l'arcade dentaire supérieure* ; à sa face antérieure, on voit les os lacrymaux et les os propres du nez, ainsi que les orifices antérieurs des *fosses nasales*, entre lesquelles le vomer forme une séparation médiane ; leur paroi externe supporte les 3 cornets, dont les deux supérieurs sont cartilagineux et ont disparu sur le squelette. Un cartilage complète également le dos du nez et délimite les *narines*. Les orifices postérieurs des fosses nasales sont visibles à la face postérieure de la mâchoire supérieure.

B. Machoire inférieure. — Son squelette a un os unique, le *maxillaire inférieur*, en forme de fer à cheval, avec une portion horizontale ou *corps*, et *deux branches* verticales, qui se terminent par les *apophyses coronoïdes* et les *condyles articulaires* ; le bord supérieur supporte *l'arcade dentaire inférieure*.

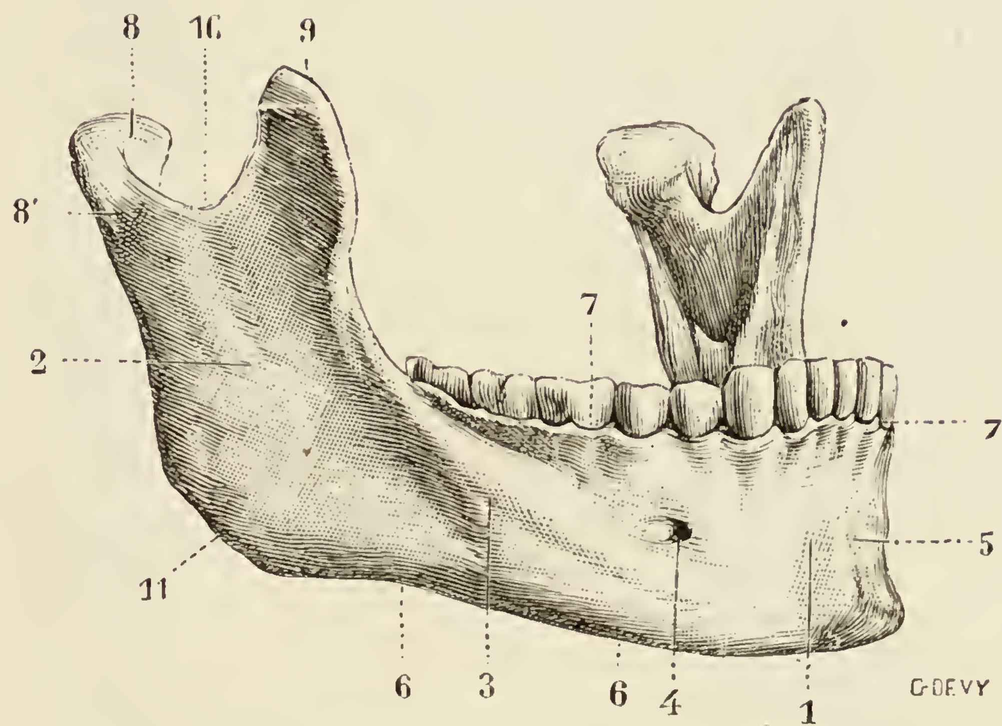


Fig. 24. — Maxillaire inférieur (Testut, *Anatomie humaine*).
1, corps du maxillaire. — 2, branche montante. — 7, bord supérieur et arcade dentaire inférieure. — 8, condyle. — 9, apophyse coronoïde.

C. Os hyoïde. — Petit os grêle, situé à la partie antérieure du cou, où il sert de soutien au larynx ; c'est le seul du squelette ne s'articulant avec aucun autre.

CHAPITRE III

SQUELETTE DU TRONC

Intermédiaire entre la tête et le bassin, le squelette du tronc comprend la *colonne vertébrale*, les *côtes* et le *sternum* ; après avoir étudié séparément ces trois portions, nous nous arrêterons au *thorax*, formé par les deux derniers et une partie de la première.

§ 1. — Colonne vertébrale

Longue tige osseuse, située sur la partie médiane, et postérieure du tronc, la colonne vertébrale s'articule en haut avec la tête, en bas avec le bassin ; elle renferme la moelle épinière, donne des points d'appui aux viscères et représente le centre moteur du tronc. Elle correspond de haut en bas au cou, au dos, aux lombes et au bassin, d'où sa division en 4 portions appelées *cervicale*, *dorsale*, *lombaire* et *pelvienne*. Les 26 os superposés, qui la composent, sont :

24 *vertèbres* : 7 *vertèbres cervicales* ;
12 — *dorsales* ;
5 — *lombaires* ;

Sacrum ;
Coccyx.

Les deux derniers sont en réalité formés l'un de 5, l'autre de 4 vertèbres soudées entre elles.

Les vertèbres ont entre elles de grandes analogies, mais les deux premières cervicales présentent des caractères particuliers ; leur volume augmente de haut en bas avec le poids à supporter.

A. Caractères généraux des vertèbres. — Ce sont des éléments discoïdes, auxquels on décrit :



Fig. 25. — Colonne vertébrale, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1 à 7, vertèbres cervicales. — 7 à 19, vertèbres dorsales. — 19 à 24, vertèbres lombaires. — 24 à 29, sacrum. — 29 à 34, coccyx.

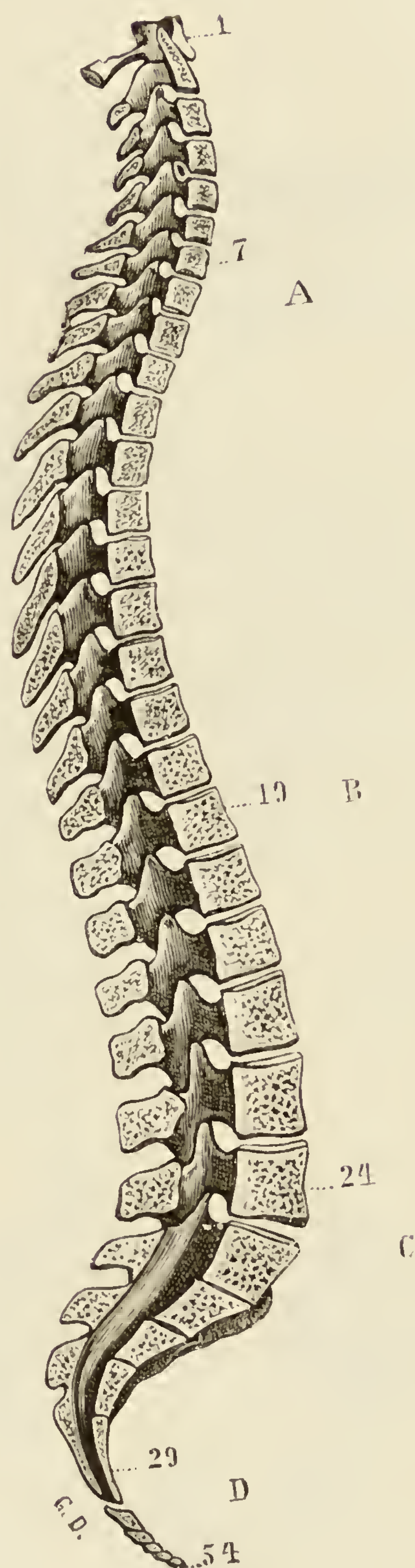


Fig. 26. — Coupe verticale et antéro-postérieure de la colonne vertébrale (Testut, *Anatomie humaine*).

Un *corps* arrondi à deux faces planes, s'articulant avec les vertèbres situées au-dessus et au-dessous :

Un *trou vertébral* triangulaire ou arrondi ;

Un *arc* supportant 7 *apophyses*, dont une postérieure, l'*apophyse*

épineuse, deux latérales, les *apophyses transverses* et 4 *apophyses*

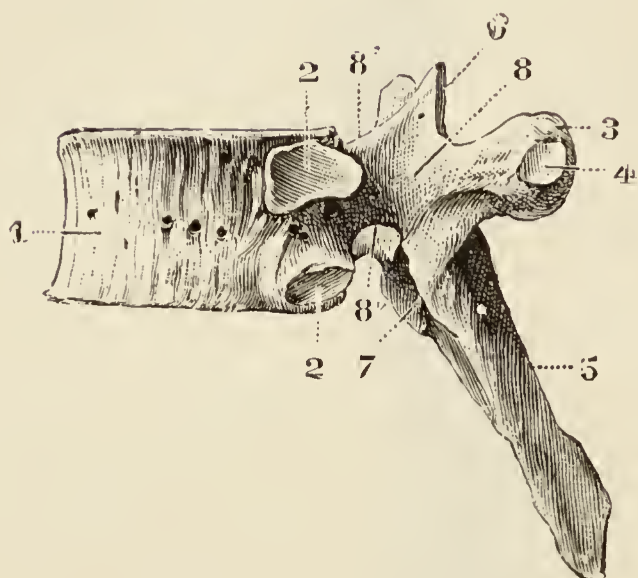


Fig. 27. — Vertèbre, vue de côté. (Testut, *Anatomie humaine*).

1, corps. — 2, 2, facettes articulaires pour les côtes. — 3, apophyse transverse. — 5, apophyse épineuse. — 6, apophyse articulaire supérieure. — 7, apophyse articulaire inférieure. — 8, pédicule, avec 8', son échancrure supérieure, et 8'', son échancrure inférieure.

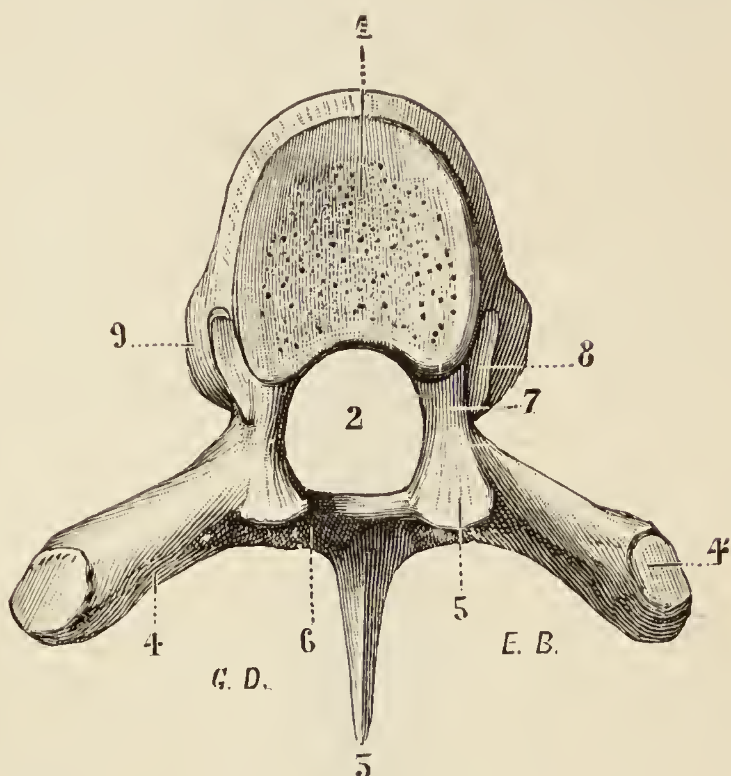


Fig. 28. — Vertèbre, vue par sa face supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, corps. — 2, trou vertébral. — 3, apophyse épineuse. — 4, 4, apophyses transverses. — 5, apophyses articulaires supérieures. — 6, arc. — 7, pédicule. — 8, face articulaire inférieure pour une côte. — 9, saillie déterminée par la facette articulaire pour une côte.

articulaires, deux *supérieures* et deux *inférieures*, s'articulant avec celles des vertèbres voisines ;

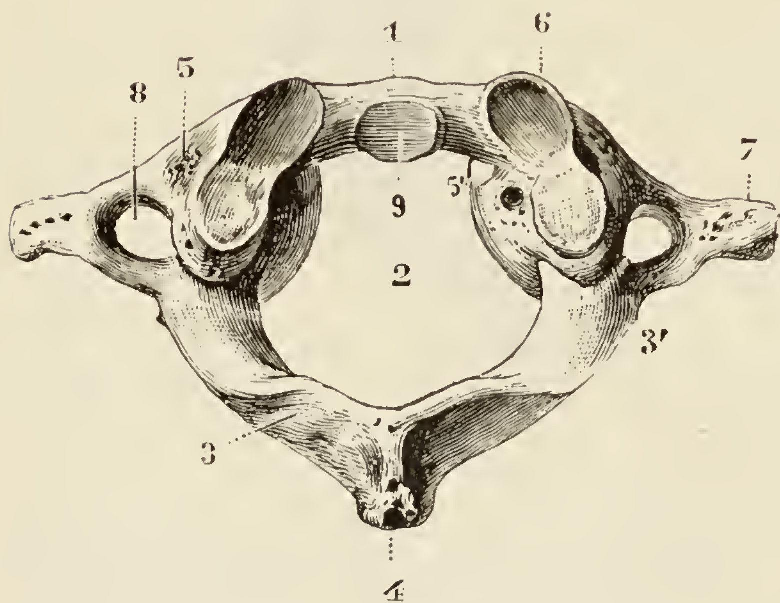


Fig. 29. — Atlas, vu d'en haut (Testut, *Anatomie humaine*).

1, arc antérieur. — 2, trou vertébral. — 3, arc postérieur. — 4, apophyse épineuse. — 5, masses latérales. — 6, facette articulaire pour le condyle occipital. — 7, apophyse transverse. — 9, facette articulaire pour la dent de l'axis.

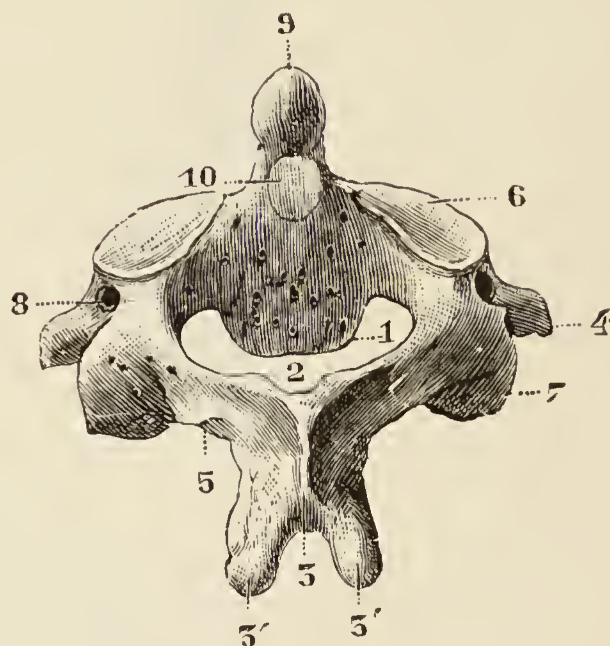


Fig. 30. — Axis, vu d'en arrière (Testut, *Anatomie humaine*).

1, corps. — 2, trou vertébral. — 3, apophyse épineuse. — 4, apophyse transverse. — 5, lame. — 6, apophyse articulaire supérieure. — 7, apophyse articulaire inférieure. — 9, dent.

Un *pédicule* rattachant de chaque côté l'arc au corps et circonscrivant le *trou de conjugaison*;

B. Caractères propres aux deux premières vertèbres. — a. *Atlas*. — La première vertèbre cervicale comprend : Un *arc antérieur* avec 5 facettes articulaires, deux supérieures pour les condyles occipitaux, deux inférieures pour l'axis, une postérieure pour la dent de cette dernière vertèbre ;

Deux *masses latérales* représentant les apophyses tranverses ;

Un trou vertébral très grand, divisé en deux loges par une bande fibreuse transversale, l'antérieure pour la dent de l'axis, la postérieure pour la moelle épinière.

b. *Axis*. — La deuxième cervicale présente :

Une dent, saillie verticale, qu'on considère comme représentant le corps de la première cervicale, qui se serait soudé à l'axis pour permettre la rotation de la tête ;

Un arc analogue à celui des autres vertèbres.

Fig. 31. — Sacrum; face antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).
I à V, vertèbres sacrées. — 1, 1, trous de conjugaison. — 3, base. 5, sommet avec facette articulaire pour le coccyx.

C. Sacrum. — Il a la forme d'une pyramide quadrangulaire ; les faces présentent, sous forme de lignes transversales, la trace des soudures des vertèbres originelles ; les côtés s'articulent avec le bassin et la base est analogue à la face supérieure d'une vertèbre.

D. Coccyx. — Chez l'homme, les vertèbres qui le forment, sont

rudimentaires ; chez les animaux, elles sont beaucoup plus nombreuses et constituent la *queue*.

E. Considérations générales sur la colonne vertébrale. — Dans son ensemble, la colonne vertébrale affecte la forme d'une pyramide, dont la base serait au niveau du sacrum, qui s'enfonce comme un coin de haut en bas et d'avant en arrière dans le bassin, pour lui transmettre le poids du corps.

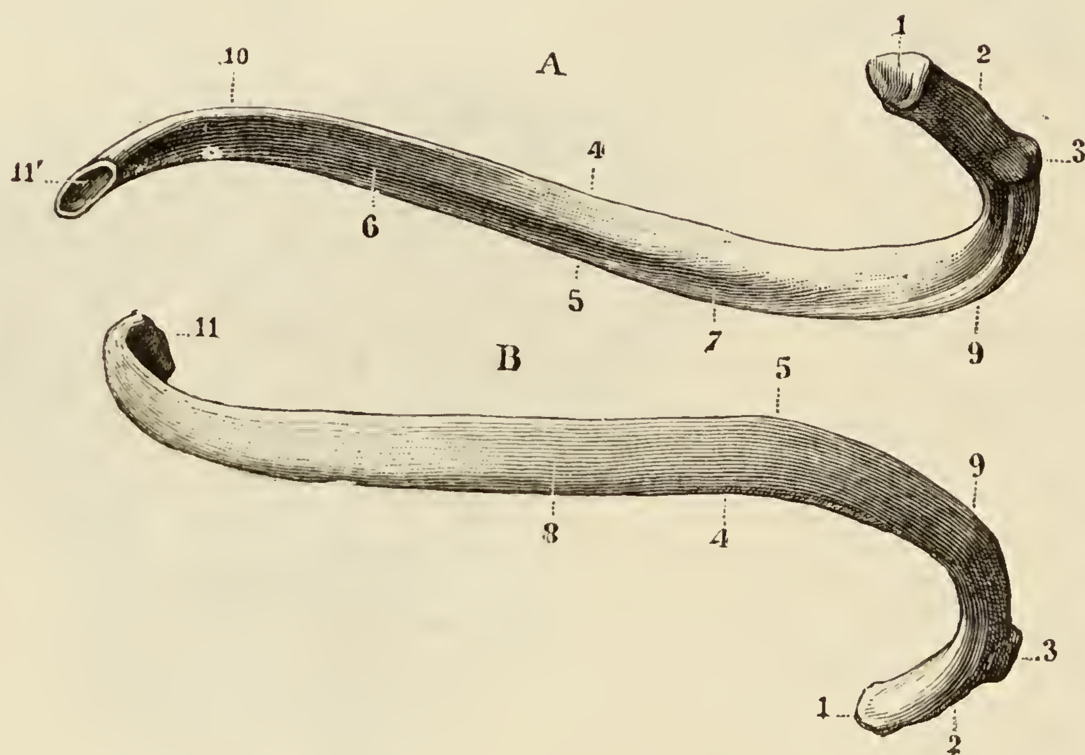


Fig. 32. — Double courbure d'une côte, vue par sa face interne (A), par sa face externe (B) (Testut, *Anatomie humaine*).

Ce qui frappe le plus à son examen, ce sont ses courbures, au nombre de quatre :

Une *courbure cervicale*, convexe en avant ;
Une *courbure dorsale*, concave en avant ;
Une *courbure lombaire*, convexe en avant ;
Une *courbure pelvienne*, concave en avant.

Elles varient avec l'âge : nulles chez le nouveau-né, elles sont plus prononcées chez le vieillard que chez l'adulte. Leur but est d'augmenter la résistance de la colonne vertébrale : on démontre, en effet, par l'expérience que de deux colonnes élastiques égales, celle qui a des courbures, offre plus de résistance aux pressions verticales que la colonne rectiligne. Elles la protègent aussi contre

les fractures et empêchent l'ébranlement médullaire dans les exercices violents [1].

La face antérieure représente un cylindre formé par la superposition des corps vertébraux, que réunissent à l'état frais des disques cartilagineux ; à la suite de longues marches, ceux-ci peuvent se tasser et diminuer la hauteur de la colonne : ce subterfuge était utilisé autrefois par les conscrits frisant la limite de taille, pour se faire exempter.

A la face postérieure on voit une crête médiane, *l'épine dorsale*, formée par les apophyses épineuses, et de chaque côté les *gouttières vertébrales*.

A l'intérieur est situé le *canal vertébral*, dû à la superposition des trous vertébraux ; il est plus large dans les régions cervicale et lombaire, qui sont plus mobiles que la région dorsale.

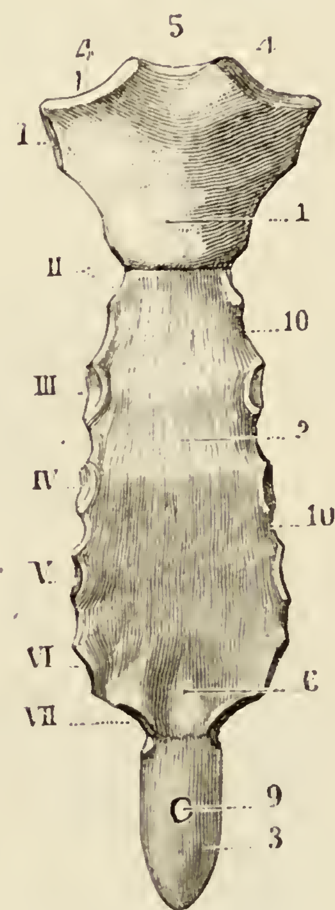


Fig. 33. — Sternum, vu de face (Testut, *Anatomie humaine*).

1, poignée. — 2, corps. — 3, appendice xyphoïde. — 5, fourchette sternale. — 7, 8, lignes de suture. — I à VII, points d'insertion des cartilages costaux.

§ 2. — Côtes

Les côtes, au nombre de 12 paires, sont des arcs osseux, formant les parois latérales du thorax et reliant la colonne vertébrale au sternum. Leur direction, oblique de haut en bas, va en augmentant de la première à la dernière ; la longueur augmente de la première à la septième, puis diminue en descendant. Elles sont parallèles entre elles et séparées par les *espaces intercostaux*. Chaque côte présente une double courbure : une *courbure sur le plat* à concavité interne et une *courbure de torsion*, en vertu de laquelle son extrémité postérieure regarde en haut et son extrémité antérieure en bas ; on se rend bien compte de cette dernière, en plaçant une côte sur un plan horizontal.

[1] Il ne faut pas confondre ces courbures physiologiques avec les déformations rachitiques, telles que le dos voûté, la cambrure lombaire, la déviation latérale de la colonne vertébrale, qu'on rencontre chez les bossus.

Par leurs extrémités postérieures les côtes s'articulent avec la colonne vertébrale ; leurs extrémités antérieures donnent insertion aux *cartilages costaux* : les sept premiers vont au sternum, les trois suivants s'attachent l'un à l'autre, les deux dernières côtes en sont dépourvues.

§ 3. — Sternum

Le sternum est un os plat, situé à la partie antérieure et médiane du thorax, entre les deux rangées de côtes ; il est composé de 3 pièces primitivement distinctes, qui se soudent avec l'âge, la *poignée*, le *corps*, et *l'appendice xyphoïde*, séparés par des sillons transversaux. Son extrémité supérieure présente une échancrure, la *fourchette sternale*, pour le passage de la trachée.

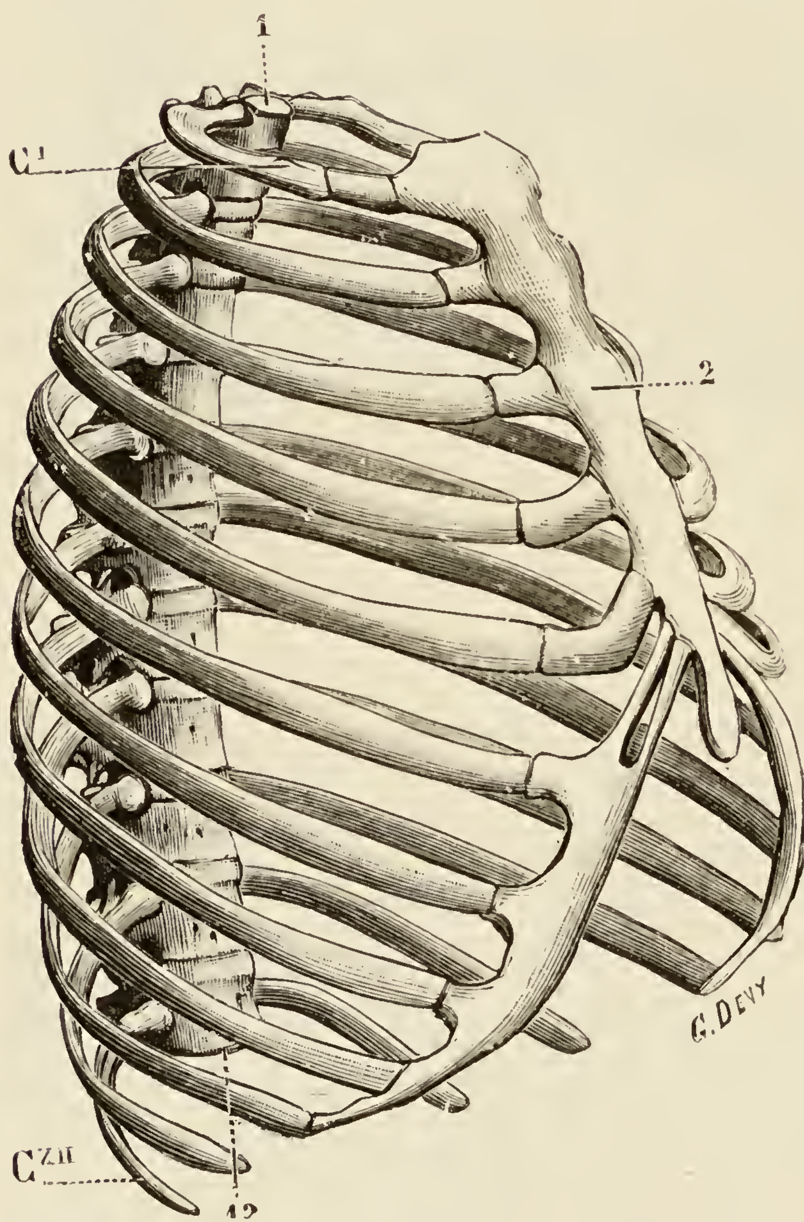


Fig. 34. — Thorax, vu par sa face latérale (Testut, *Anatomie humaine*).

1, première vertèbre dorsale. — 2, sternum, — 12, douzième vertèbre dorsale. — C¹, première côte. — CXII, douzième côte.

§ 4. — Considérations générales sur le thorax

Cage osseuse constituée par les vertèbres dorsales, les côtes et le sternum, le thorax est destiné à loger les poumons et le cœur. Sur le squelette il a la forme d'un tronc de cône à base inférieure, mais sur le vivant il affecte la forme inverse, en raison de la garniture musculaire des épaules. Son sommet, de forme elliptique, est limité par les deux premières côtes et mesure 5 centi-

mètres dans le sens antéro-postérieur et 12 centimètres dans le sens transversal. La base, beaucoup plus large, a un diamètre

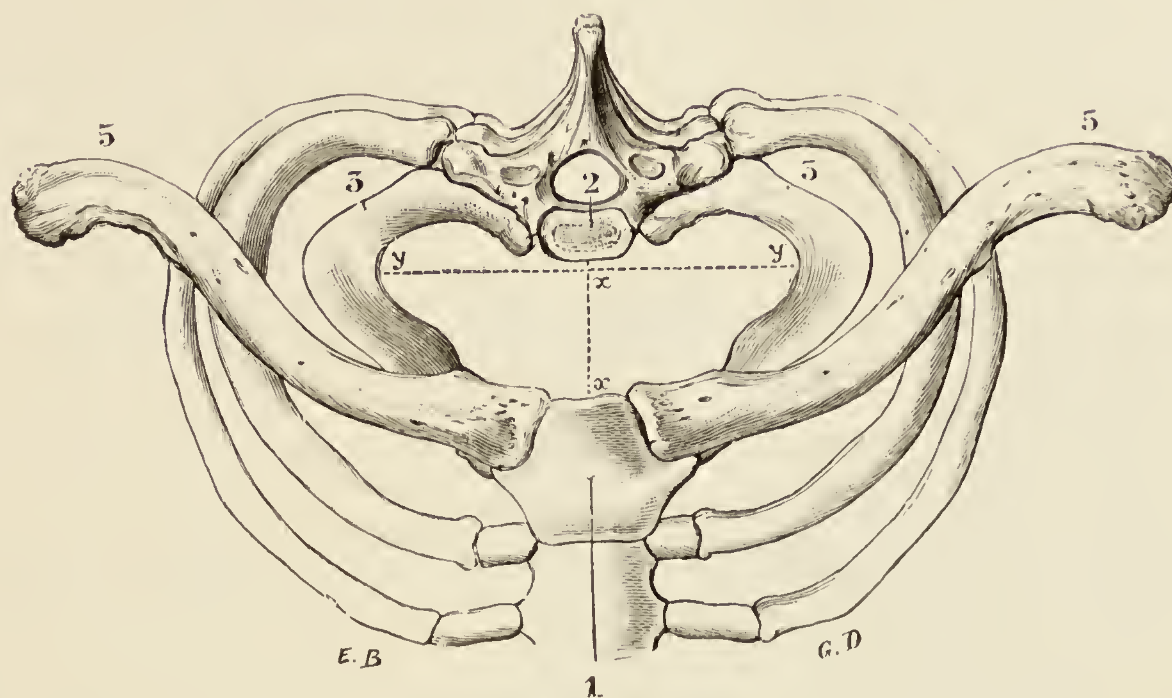


Fig. 35. — Sommet du thorax et clavicules (Testut, *Anatomie humaine*).
1, sternum. — 2, première vertèbre dorsale. — 3, 3, premières côtes. — 5, 5, clavicules. *xx*, diamètre antéro-postérieur. — *yy*, diamètre transverse.

antéro-postérieur de 18 et d'un diamètre transverse de 26 centimètres en moyenne; elle forme un plan incliné en bas et en avant et se trouve fermée chez l'homme par le diaphragme, qui sépare la cavité thoracique de l'abdomen.

CHAPITRE IV

SQUELETTE DU MEMBRE SUPÉRIEUR

Le membre supérieur est composé de 32 os, qui se groupent en 4 segments :

Épaule	2 os
Bras	1 »
Avant-bras	2 »
Main	27 »

§ I. — Epaule

Elle rattache le membre supérieur au thorax et comprend deux os, la *clavicule* et l'*omoplate*.

A. Clavicule. — C'est un os long, placé transversalement entre le sternum et l'omoplate ; elle a la forme d'un S avec deux courbures, une interne à concavité postérieure, une externe à concavité antérieure. Son extrémité interne arrondie s'articule avec le sternum ; l'extrémité externe, aplatie de haut en bas, présente une facette articulaire pour l'omoplate.

B. Omoplate ou Scapulum. — Os plat, mince et triangulaire, l'omoplate s'applique à la partie postéro-supérieure du thorax. Sa face postérieure présente une crête transversale, l'*épine de l'omoplate*, se prolongeant en dehors par une apophyse rugueuse, l'*acromion* ; au-dessus est la *fosse sus-épineuse*, au-dessous la *fosse sous-épineuse*. La face antérieure, légèrement excavée, présente la

fosse sous-scapulaire. Le bord interne de l'omoplate ou *bord spinal* est mince ; le bord externe ou *axillaire*, plus épais, se termine en haut par la *cavité glénoïde*, fossette ovalaire à diamètre vertical, qui est surmontée d'une grosse apophyse comparable à un bec de corbeau, d'où son nom d'apophyse coracoïde.

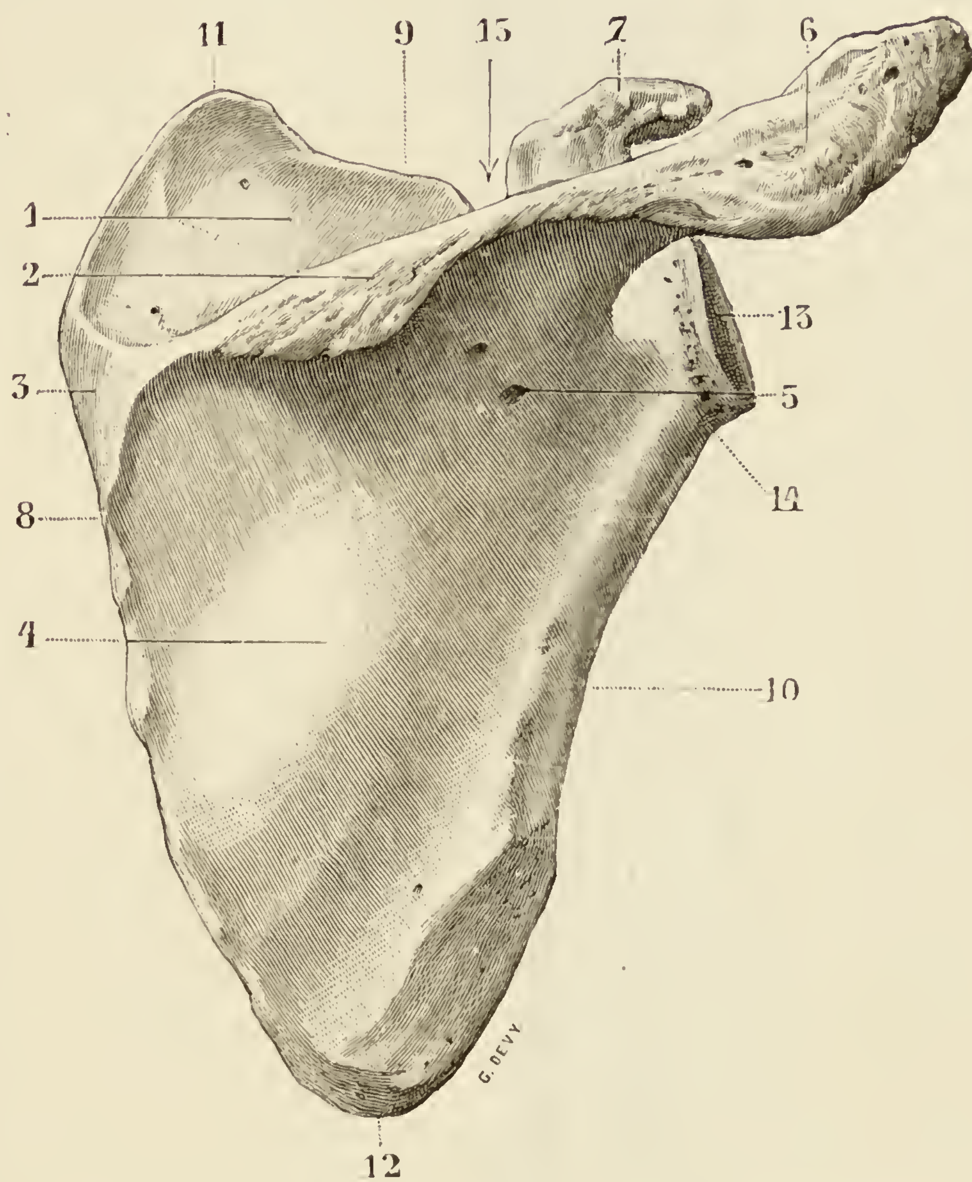


Fig. 36. — Omoplate droite, vue par sa face postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, fosse sus-épineuse. — 2, épine de l'omoplate. — 4, fosse sous-épineuse. — 6, acromion. — 7, apophyse coracoïde. — 8, bord interne ou spinal. — 10, bord externe ou axillaire. — 12, angle inférieur. — 13, cavité glénoïde.

§ 2. — Bras

Le bras comprend un seul os long, l'*humérus*.

La *diaphyse humérale*, à peu près cylindrique en haut, s'élargit transversalement en bas : elle est rectiligne mais tordue sur son axe et présente à sa face postérieure une *gouttière de torsion ;* à sa face antérieure on remarque une rugosité en forme de V, l'*empreinte deltoïdienne.*

L'*épiphyse supérieure* se termine par une surface articulaire, la *tête humérale*, à laquelle fait suite une partie rétrécie, le *col anatomique ;* en dehors de lui se dressent deux saillies inégales, une petite interne ou *petite tubérosité* et une grande externe ou *grosse tubérosité*, séparées l'une de l'autre par la *gouttière bicipitale.*

L'*épiphyse inférieure*, élargie dans le sens transversal, s'articule avec les os de l'avant-bras et comprend une partie externe sphérique, le *condyle huméral*, et une portion interne en forme de poulie, la *trochlée humérale.* De chaque côté de cette surface arti-

culaire est une apophyse, en dehors *l'épicondyle*, en dedans *l'épitrochlée ;* en avant et en arrière, elle est limitée par une

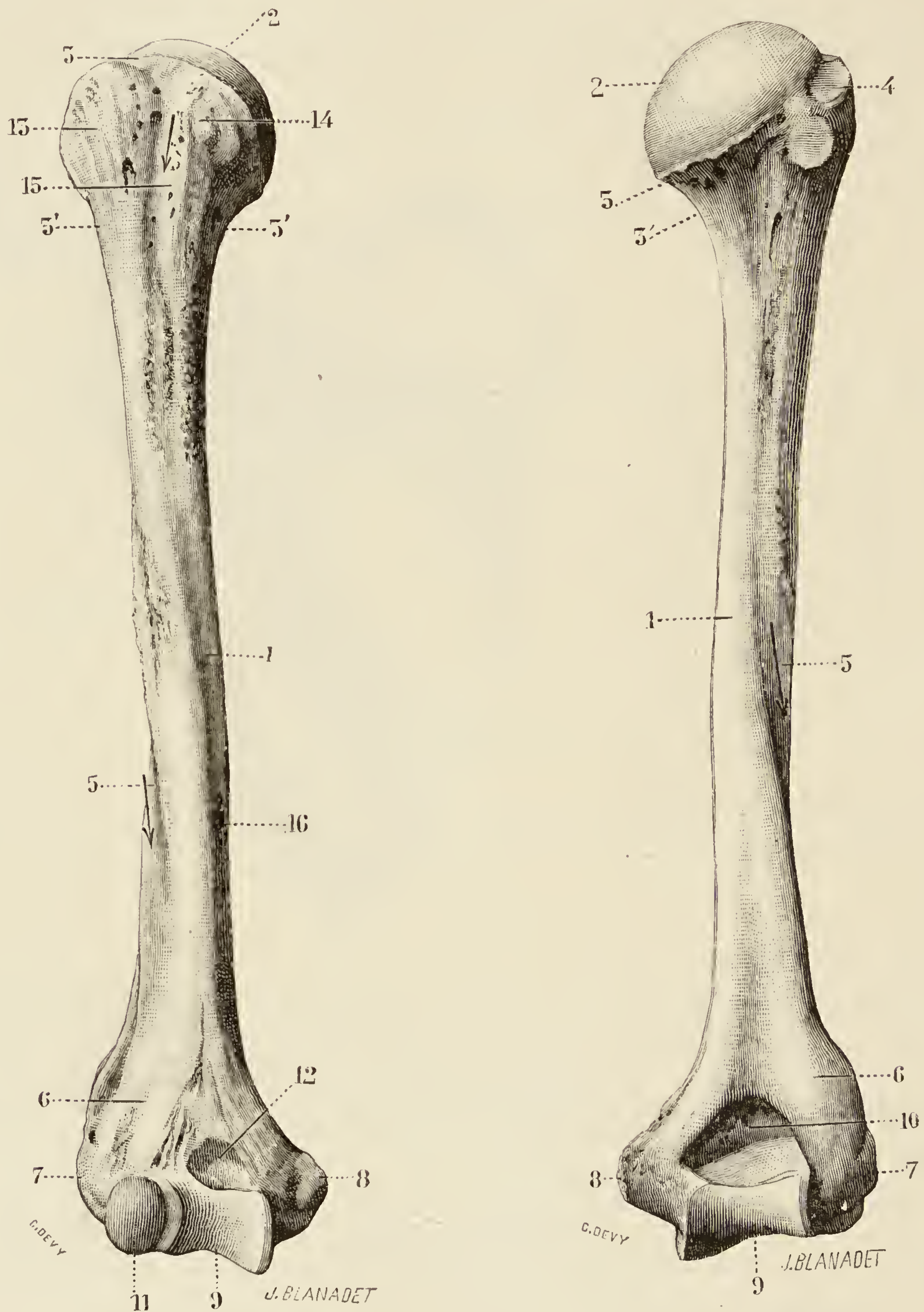


Fig. 37 et 38. — Humérus droit, face antérieure et face postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, diaphyse. — 2, tête. — 3, col anatomique. — 5, gouttière de torsion. — 6, épiphyse inférieure. — 7, épicondyle. — 8, épitrochlée. — 9, trochlée pour le cubitus. — 10, fossette olécranienne. — 11, condyle pour le radius, — 12, fossette coronoïdienne. — 4 et 13, grosse tubérosité. — 14, petite tubérosité. — 15, gouttière bicipitale.

dépression : l'antérieure ou *fossette coronoïdienne* est peu marquée, la postérieure, *fossette olécranienne*, est plus profonde.

§ 3. — AVANT-BRAS

Deux os longs, parallèles entre eux, le *cubitus* en dedans, le *radius* en dehors, constituent le squelette de l'avant-bras ; ils

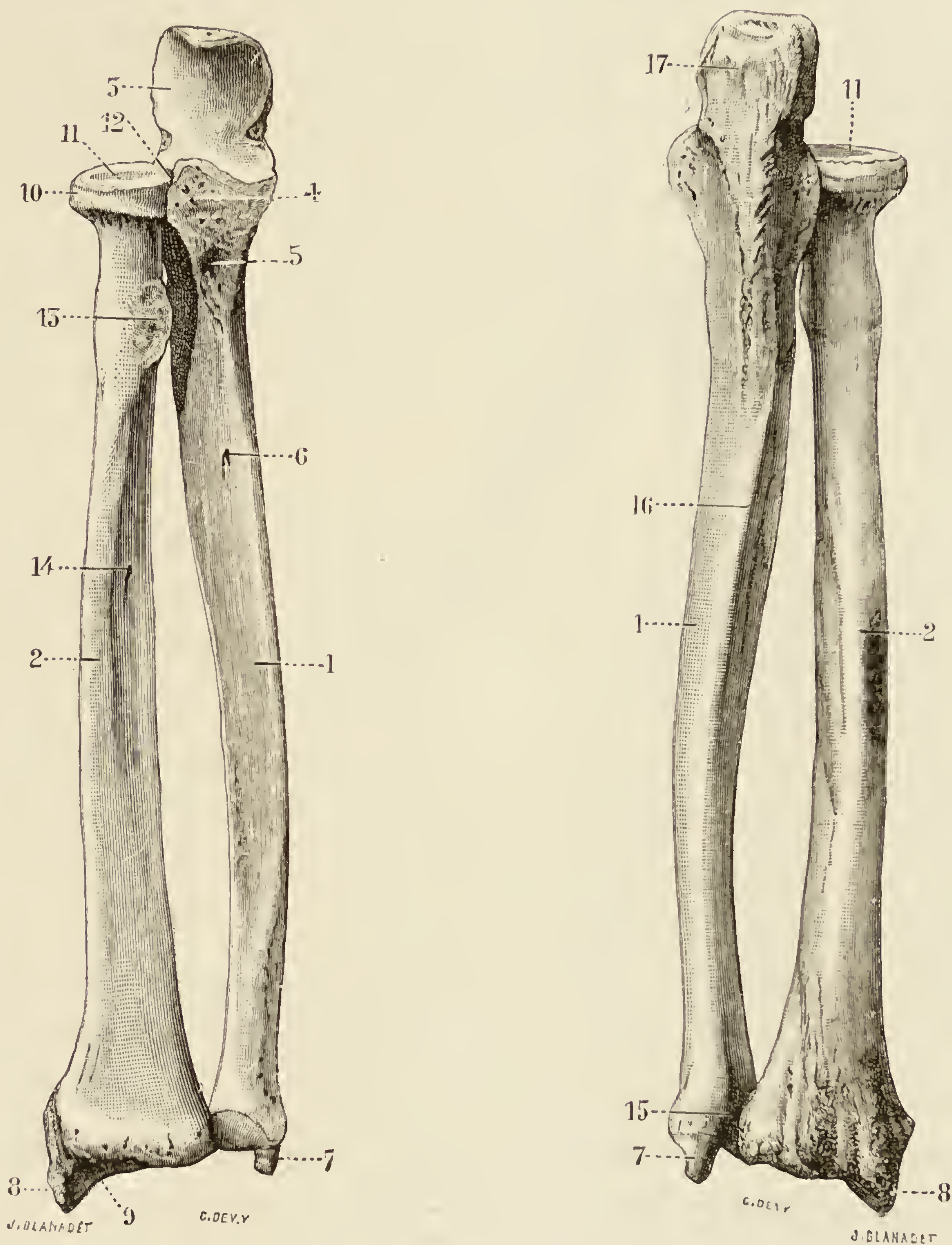


Fig. 39 et 40. — Cubitus et radius droits, face antérieure et face postérieure (Testut. *Anatomie humaine*).

1, cubitus. — 2, radius. — 3, grande cavité sigmoïde. — 4, apophyse coronoïde. — 7, apophyse styloïde du cubitus. — 8, apophyse styloïde du radius. — 9, surface articulaire pour le carpe. — 10, tête du radius et facette articulaire, avec 12, petite cavité sigmoïde du cubitus. — 11, cupule pour le condyle de l'humérus. — 13, tubérosité bicipitale. — 17, olécrâne.

s'articulent ensemble en haut et en bas et sont séparés à leur partie moyenne par un intervalle elliptique, l'*espace interosseux*. Leur direction est oblique en bas et en dehors, de sorte que l'axe de l'avant-bras forme avec le bras un angle ouvert du côté externe.

A. Cubitus. — Plus volumineux en haut qu'en bas, il est recouvert par une couche musculaire à sa partie supérieure et par la peau seulement à sa partie inférieure.

L'*épiphyse supérieure*, terminée par la *grande cavité sigmoïde*, s'articule avec la trochlée humérale ; cette cavité, de forme semi-lunaire, est supportée par deux apophyses, l'*olécrâne*, qui est vertical et situé en arrière, l'*apophyse coronoïde*, au contraire horizontale et placée en avant. Sur le côté interne de l'épiphyse est la *petite cavité sigmoïde*, s'articulant avec le radius.

L'*épiphyse inférieure* présente à sa partie externe une facette pour le radius et à sa partie inférieure une surface articulaire pour les os du poignet ; elle se prolonge à la partie interne par l'*apophyse styloïde du cubitus*.

B. Radius. — A l'inverse du cubitus, il est plus volumineux en bas qu'en haut et présente une courbure à concavité interne.

L'*épiphyse supérieure* est terminée par un chapiteau étalé, la *tête du radius*, que supporte une partie rétrécie, le *col*, et dont la face supérieure évasée, *cupule radiale*, s'articule avec le condyle huméral, tandis que la face interne du pourtour se loge dans la petite cavité sigmoïde du cubitus. En dessous de la tête est une saillie rugueuse, la *tubérosité bicipitale*.

L'*épiphyse inférieure*, élargie transversalement, présente une surface articulaire en forme de triangle pour les os du poignet et se termine en dehors par l'*apophyse styloïde du radius*. Sur la face postérieure on remarque quatre gouttières, qui logent les tendons allant de l'avant-bras à la main.

§ 4. — Main

Segment terminal du membre supérieur, la main comprend 27 os disposés en trois groupes :

Poignet ou carpe	8 os
Métacarpe.	5 »
Doigts.	14 »

A. Carpe. — Il est constitué par 8 petits os cuboïdes, disposés en deux rangées ; en allant de dehors en dedans, ils se nomment :

Rangée supérieure : *scaphoïde*, *semi-lunaire*, *pyramidal*, *pisiforme* ;

Rangée inférieure : *trapèze*, *trapézoïde*, *grand os*, *os crochu*.

L'ensemble forme un rectangle à grand axe transversal ; sa face dorsale est convexe et sous-cutanée tandis que la face antérieure est creusée en forme de gouttière ; par sa face supérieure bombée, le poignet s'articule avec l'avant-bras et sa face inférieure est composée d'une série de facettes, qui supportent les métacarpiens.

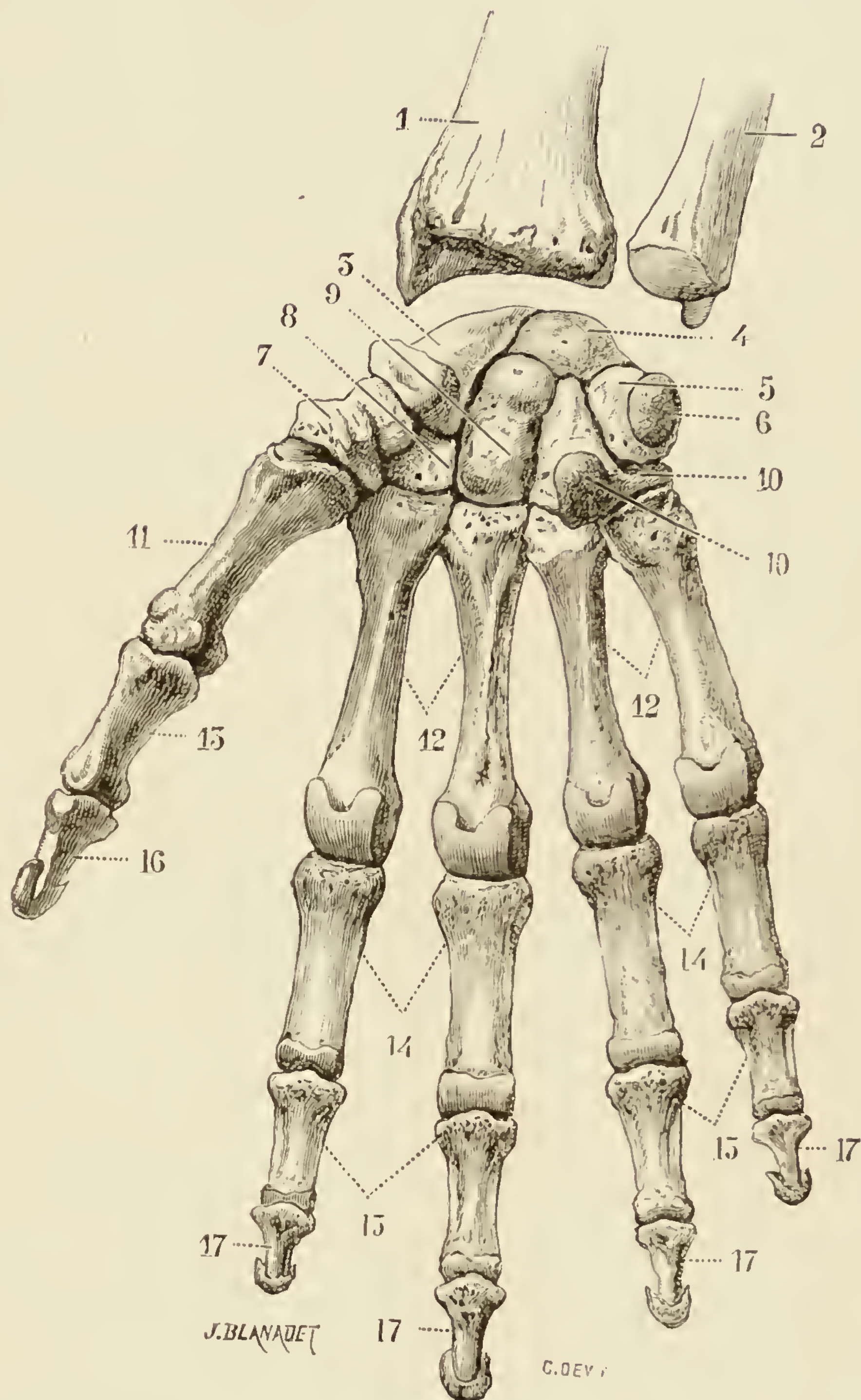


Fig. 41. — Squelette de la main droite (Testut, *Anatomie humaine*).

1, radius. — 2, cubitus. — 3, scaphoïde. — 4, semi-lunaire. — 5, pyramidal. — 6, pisiforme. — 7, trapèze. — 8, trapézoïde. — 9, grand os. — 10, os crochu. — 11, premier métacarpien. — 12, 12, les autres métacarpiens. — 13, 14, 15, 16 et 17, phalanges des doigts.

B. Métacarpe. — Il forme le squelette de la paume de la main et se compose de 5 petits os longs, les *métacarpiens*, qu'on désigne sous le nom de *1*er, *2*e, *3*e, *4*e et *5*e, en allant de dehors en dedans. Ils vont, en divergeant, du carpe vers les doigts et sont séparés par des *espaces interosseux*.

Leur extrémité carpienne ou *base* est irrégulière, l'extrémité digitale se termine par une *tête articulaire* pour les doigts.

C. Doigts. — Organes de la préhension et du toucher, ils

continuent les métacarpiens, dont ils ont la direction divergente ; ils sont au nombre de cinq et s'appellent, en allant du dehors en dedans, *pouce*, *index*, *médius*, *annulaire* et *auriculaire*. Chacun est constitué par trois colonnettes, les *phalanges*, qu'en descendant de la racine du doigt vers l'ongle, on distingue en *première*, *deuxième* et *troisième*; le pouce n'a que deux phalanges.

CHAPITRE V

SQUELETTE DU MEMBRE INFÉRIEUR

Par analogie avec le membre supérieur, on lui décrit 4 segments, formés de 30 os :

Hanche	1 os
Cuisse	1 »
Jambe	2 »
Pied	26 »

Les deux os de la hanche, unis en avant entre eux et en arrière au sacrum, circonscrivent une vaste cavité osseuse, le *bassin*, sur lequel nous reviendrons plus loin.

§ 1. — Hanche

Son squelette est constitué par un seul os plat, dit *os coxal* ou *iliaque*, qui a la forme d'un quadrilatère irrégulier et profondément échancré. Il est primitivement formé par trois pièces, l'*ilion* en haut, le *pubis* en avant, l'*ischion* en bas ; ce sont des centres d'ossification distincts, dont la séparation a complètement disparu chez l'adulte, où ils forment une seule et même pièce osseuse.

La *face externe* de l'os iliaque présente à son centre une cavité articulaire sphérique pour la cuisse, la *cavité cotyloïde* ; au-dessus d'elle est une surface irrégulière, la *fosse iliaque externe*, et au-dessous d'elle on voit un large orifice, le *trou obturateur*, limité en haut par le pubis et en bas par l'ischion.

La *face interne* est divisée en deux parties par une ligne oblique en bas et en avant, la *ligne innominée ;* la surface excavée, située

au-dessus, est la *fosse iliaque interne;* au-dessous de cette ligne, on rencontre, de haut en bas, une surface articulaire pour le sacrum, puis une surface plane répondant à la cavité cotyloïde, enfin le trou obturateur.

Le *bord antérieur* de l'os coxal est d'abord vertical de haut en

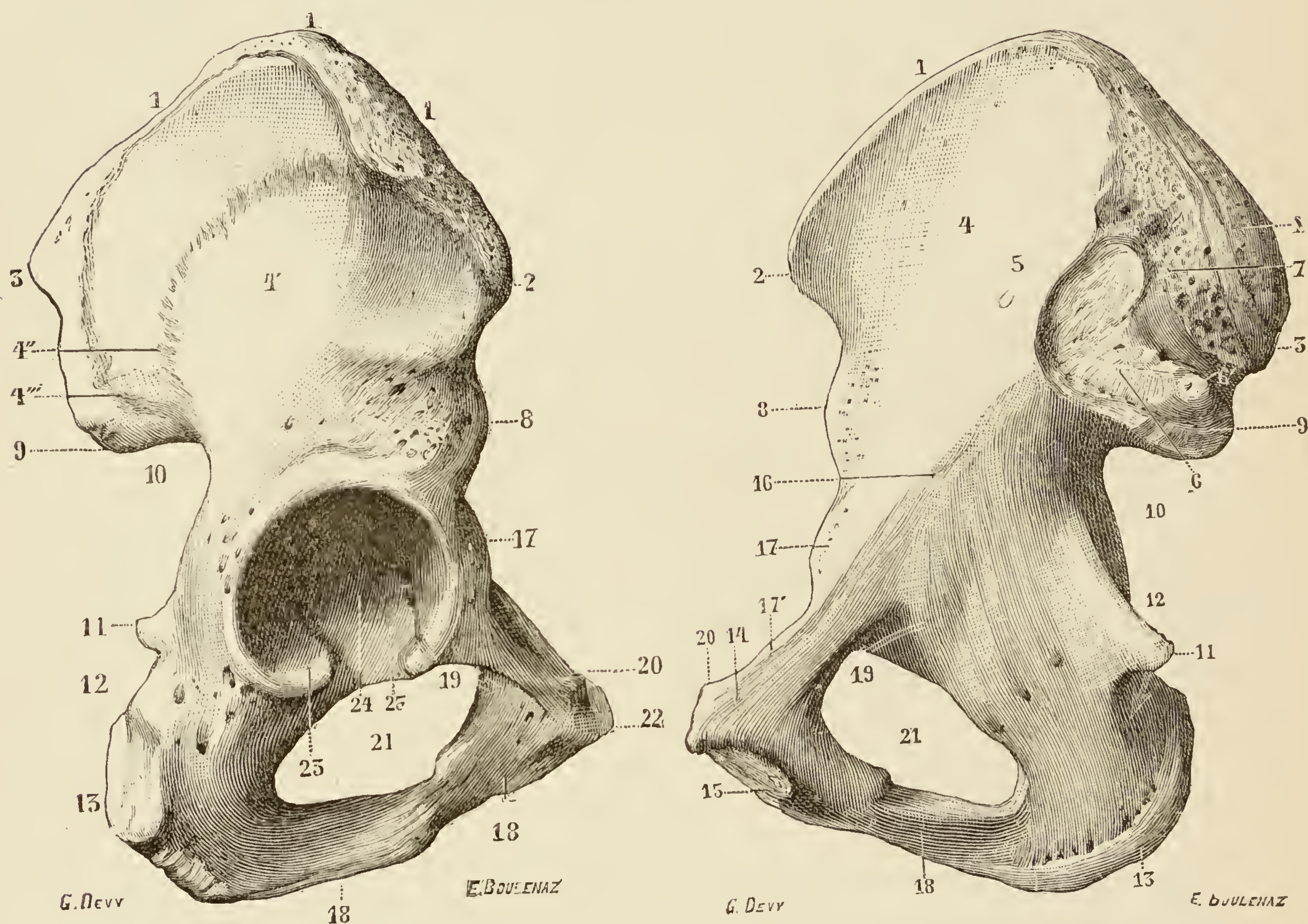


Fig. 42 et 43. — Os iliaque droit, vu par sa face externe et par sa face interne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, crête iliaque. — 2, épine iliaque antéro-supérieure. — 3, épine iliaque postéro-supérieure. — 4, fosse iliaque interne. — 4', fosse iliaque externe. — 8, épine iliaque antéro-inférieure, surmontant la gouttière du psoas. — 9, épine iliaque postéro-inférieure. — 10, grande échancrure sciatique. — 11, épine sciatique. — 12, petite échancrure sciatique. — 13, ischion. — 14, pubis. — 16, ligne innominée. — 20, épine du pubis. — 21, trou obturateur. — 23, cavité cotyloïde.

bas, puis horizontal de dehors en dedans ; il présente successivement l'*épine iliaque antéro-supérieure*, l'*épine iliaque antéro-inférieure*, la *gouttière du psoas*, l'*épine du pubis*.

Le *bord postérieur*, sensiblement vertical, est formé de haut en bas par l'*épine iliaque postéro-supérieure*, l'*épine iliaque postéro-inférieure,* la *grande échancrure sciatique*, l'*épine sciatique*, la *petite échancrure sciatique* et l'*ischion*, masse volumineuse, sur laquelle

repose, ainsi que sur le coccyx, le tronc dans la station assise.

Le *bord supérieur* ou *crête iliaque* est contourné en S et horizontal ; le *bord inférieur* enfin est d'abord vertical, puis oblique en arrière et en bas : sa première portion s'articule avec l'os du côté opposé.

§ 2. — Bassin

Le bassin est une cavité circonscrite par les deux os coxaux, le sacrum et le coccyx solidement unis et formant un tout massif.

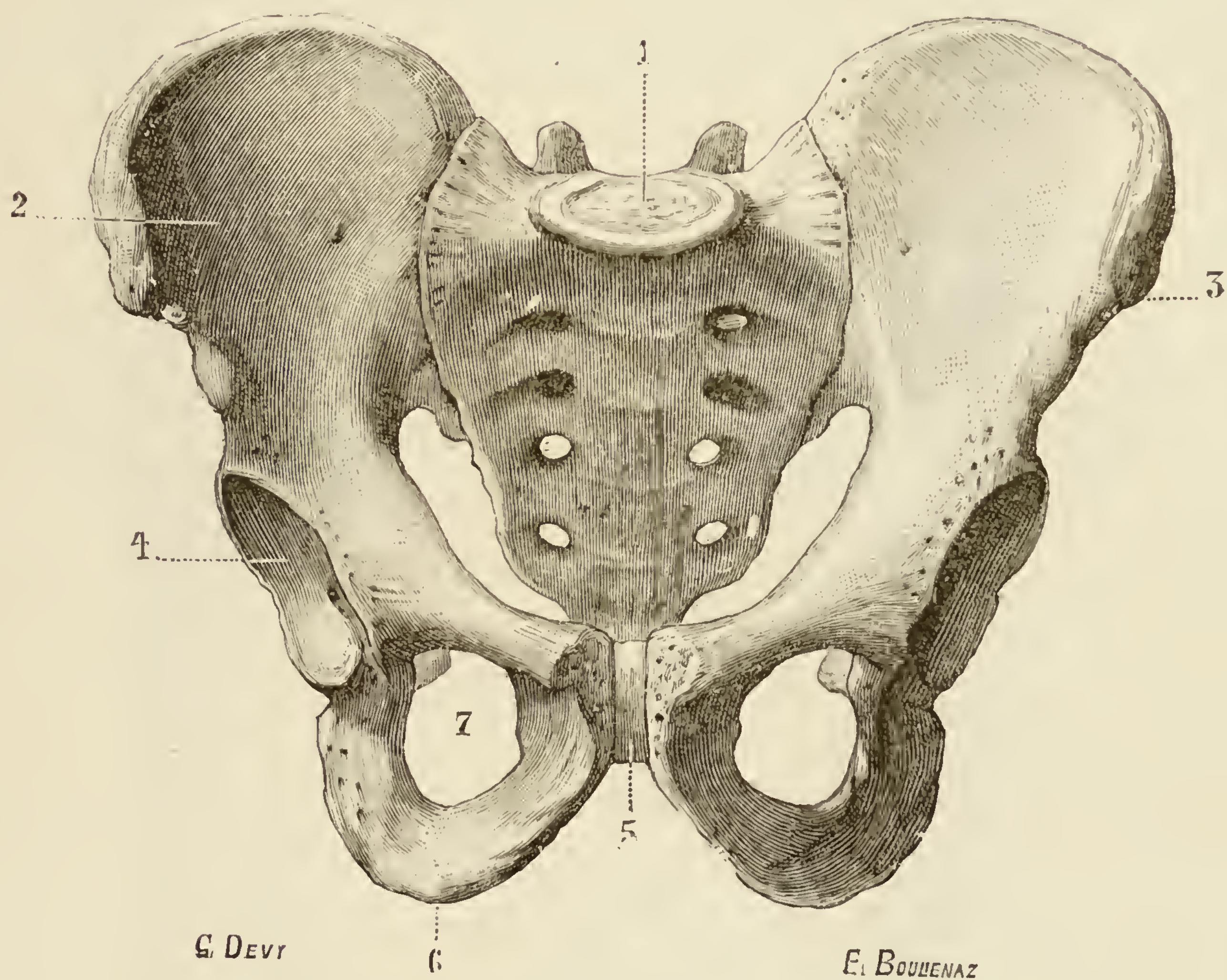


Fig. 44. — Bassin vu de face (Testut, *Anatomie humaine*).
1, sacrum. — 2, fosse iliaque interne. — 3, ilion. — 4, cavité cotyloïde. — 5, symphyse pubienne. 6, ischion. — 7, trou obturateur.

Il reçoit de la colonne vertébrale le poids du corps et le transmet aux membres inférieurs.

La forme est celle d'un tronc de cône à grande circonférence supérieure, formée par la base du sacrum et les crêtes iliaques et à petite circonférence inférieure, fermée sur le vivant par des parties molles.

La face intérieure est divisée par un étranglement circulaire,

formé par les deux lignes innominées, en deux cavités, une supérieure plus grande, le *grand bassin*, une inférieure plus petite, le

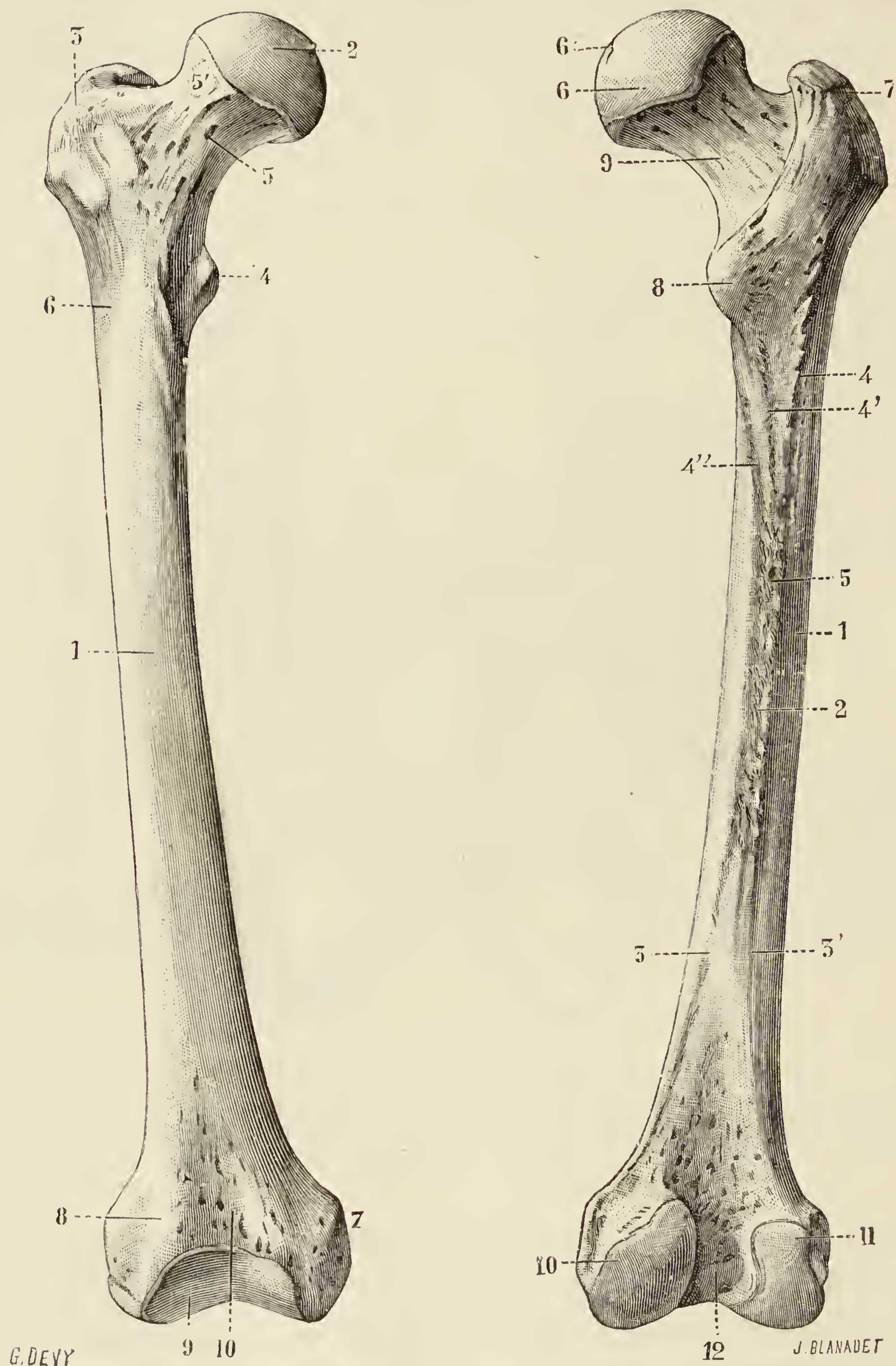


Fig. 45 et 46. — Fémur droit, face antérieure et face postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

Fig. 45. — 1, diaphyse. — 2, tête. — 3, grand trochanter. — 4, petit trochanter. — 5, col anatomique. — 7, condyle interne. — 8, condyle externe. — 9, trochlée fémorale.

Fig. 46. — 1, diaphyse. — 2, ligne âpre, avec 3, 3', 4, 4', ses branches de bifurcation. — 6, tête fémorale. — 7, grand trochanter. — 8, petit trochanter. — 9, col anatomique. — 10, condyle interne. — 11, condyle externe. — 12, échancrure intercondylienne.

petit bassin. La première comprend les fosses iliaques internes et présente une échancrure antérieure, fermée par la paroi abdominale et destinée à faciliter la flexion du tronc en avant, et une échancrure postérieure, comblée par la colonne vertébrale. La seconde est limitée en arrière par le sacrum et le coccyx, latéralement par les surfaces internes des cavités cotyloïdes, les trous obturateurs et les ischions, en avant par les pubis.

§ 3. — Cuisse

Elle est formée par un seul os long, le *fémur*, dirigé obliquement de haut en bas et de dehors en dedans, de sorte que les deux

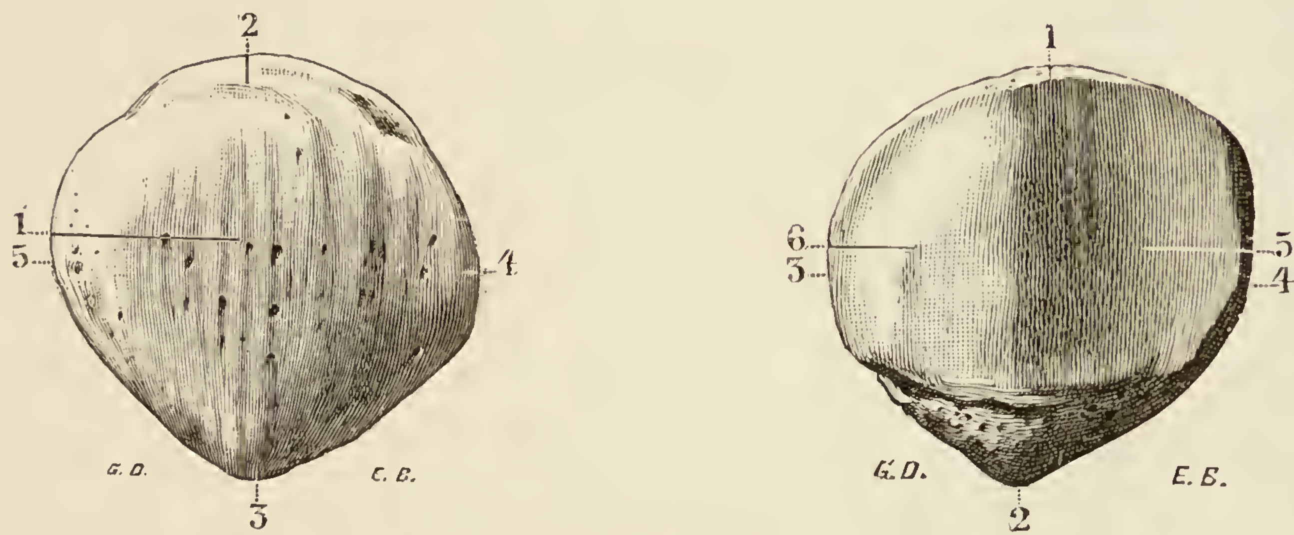


Fig. 47 et 48. — Rotule droite, face antérieure et face postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

os, séparés en haut par toute la largeur du bassin, sont plus rapprochés par leurs extrémités inférieures.

La *diaphyse* fémorale est prismatique triangulaire et présente une courbure à convexité antérieure : on remarque, en arrière, une crête saillante et rugueuse, la *ligne âpre* du fémur.

L'*épiphyse supérieure* est terminée par une surface articulaire sphérique, la *tête fémorale*, supportée par une portion rétrécie, le *col anatomique*, beaucoup plus développée que sur l'humérus et en dehors de laquelle se dressent deux éminences rugueuses, l'une supéro-externe, le *grand trochanter*, l'autre postéro-interne, le *petit trochanter* ; ceux-ci sont réunis en arrière par une crête irrégulière, appelée *ligne inter-trochantérienne*.

L'*épiphyse inférieure*, remarquable par son volume, présente une

surface articulaire, formée en avant par une poulie, la *trochlée fémorale*, et plus en arrière par deux *condyles* séparés par l'*échancrure inter-condylienne*.

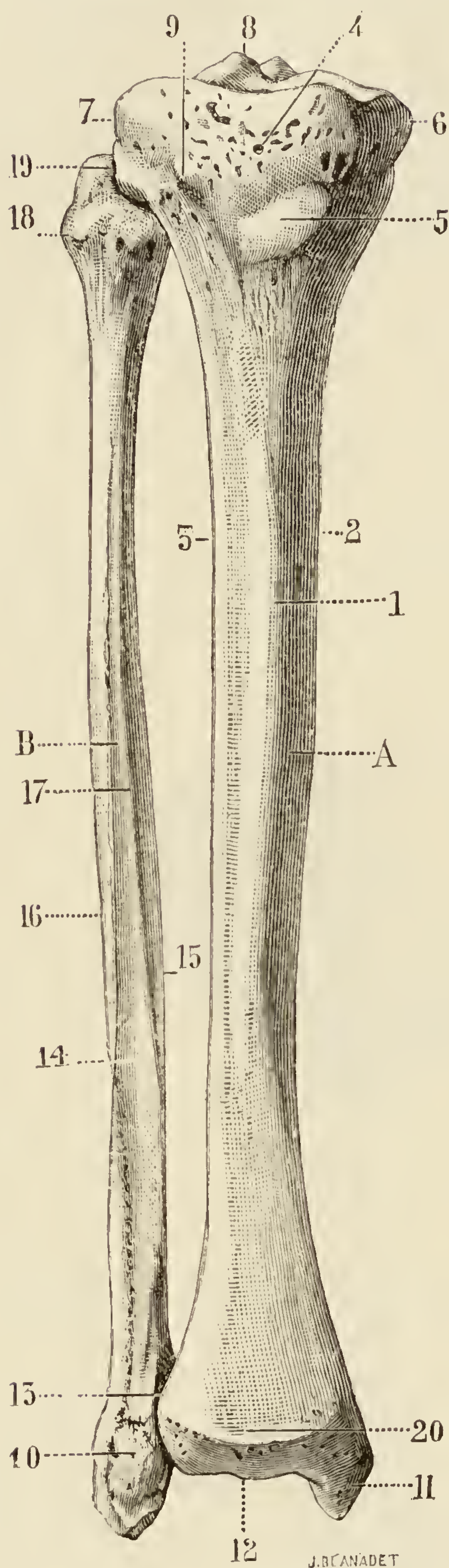


Fig. 49. — Tibia et péroné droits, face antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

A, tibia. — B, péroné. — 1, crête. — 4, épiphyse supérieure. — 5, tubérosité antérieure. — 8, cavités glénoïdes et épine du tibia. — 11, malléole interne. — 12, surface articulaire pour l'astragale. — 13, 19, facettes articulaires pour le péroné. — 10, malléole externe. — 18, tête du péroné.

§ 4. — Jambe

Le squelette de la jambe comprend deux os longs, parallèles entre eux, le *tibia* en dedans, le *péroné* en dehors; unis à leurs extrémités, ils sont séparés, à leur partie moyenne, par un intervalle elliptique, l'*espace interosseux* ; on rattache la *rotule* au squelette de la jambe.

A. Rotule. — C'est un petit os de forme triangulaire, à base supérieure et à sommet inférieur; par sa face postérieure, elle s'articule avec la trochlée fémorale.

B. Tibia. — Il fait avec le fémur un angle ouvert en dehors.

La *diaphyse* est prismatique triangulaire, avec un bord antérieur tranchant, qui forme la *crête du tibia*.

L'*épiphyse supérieure,* allongée dans le sens transversal, présente aux condyles fémoraux un plateau articulaire, formé par deux *cavités glénoïdes*, que sépare une saillie, l'*épine* du tibia. Sur le côté externe on voit une facette d'articulation pour le péroné et en avant une saillie ovalaire, la *tubérosité antérieure* du tibia.

L'*épiphyse inférieure* s'articule avec le pied par une surface horizontale, concave d'avant en arrière; sur

sa face externe existe une petite excavation articulaire pour le péroné et sa face interne se prolonge par une apophyse volumineuse, la *malléole interne*. Sur la face postérieure on voit plusieurs gouttières pour le passage des tendons, qui vont de la jambe à la plante du pied.

C. Péroné. — C'est un os grêle, qui s'élève moins haut que le tibia du côté du genou, mais descend plus bas que lui du côté du pied.

Son extrémité supérieure ou *tête* consiste en un renflement irrégulier, qui s'articule latéralement avec le tibia; son *épiphyse inférieure* fait une saillie volumineuse, la *malléole externe*.

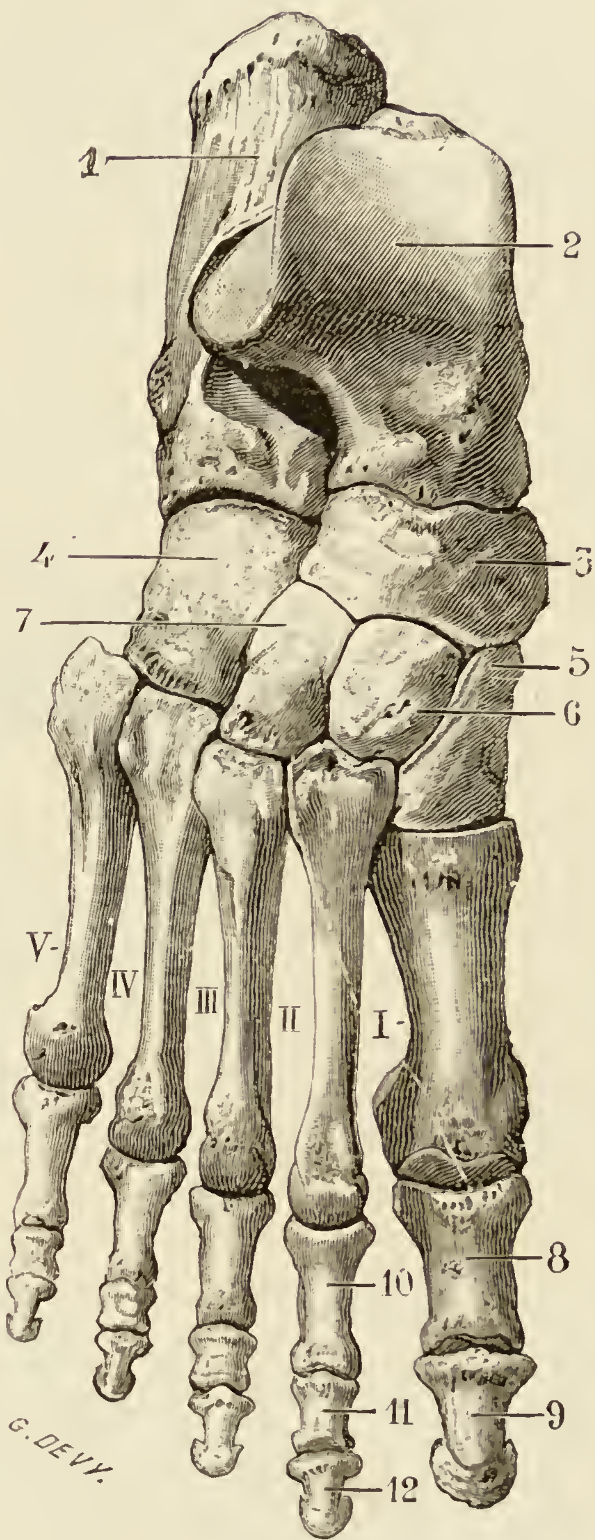


Fig. 50. — Pied droit, vu par sa face supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, calcanéum. — 2, astragale. — 3, scaphoïde. — 4, cuboïde. — 5, 6, 7, cunéiformes. — I à V, les cinq métatarsiens. — 8 à 12, phalanges des orteils.

§ 5. — Pied

Le pied est constitué par 26 os disposés, comme à la main, en trois groupes :

Tarse.	7 os
Métatarse	5 »
Orteils.	14 »

A. Tarse. — Les sept os courts et irréguliers, qui le constituent, sont disposés en deux rangées :

Première rangée : *astragale*, *calcanéum ;*

Deuxième rangée : *cuboïde*, *scaphoïde*, *3 cunéiformes*.

L'astragale s'articule par sa face supérieure avec le squelette de la jambe et en bas avec le calcanéum, placé en dessous et en dehors de lui; ce dernier est le plus volumineux des os du tarse et forme

le *talon*. Le cuboïde est placé en avant du calcanéum, le scaphoïde avec les trois cunéiformes est en avant de l'astragale.

Considéré dans son ensemble, le massif osseux du tarse présente une face supérieure convexe et une face inférieure concave, formant la *voûte plantaire;* selon que celle-ci est plus ou moins prononcée, on a le *pied cambré* ou le *pied plat;* ce dernier peut constituer une véritable infirmité et s'opposer à toute station debout et à toute marche prolongées, à cause de la compression des tendons,

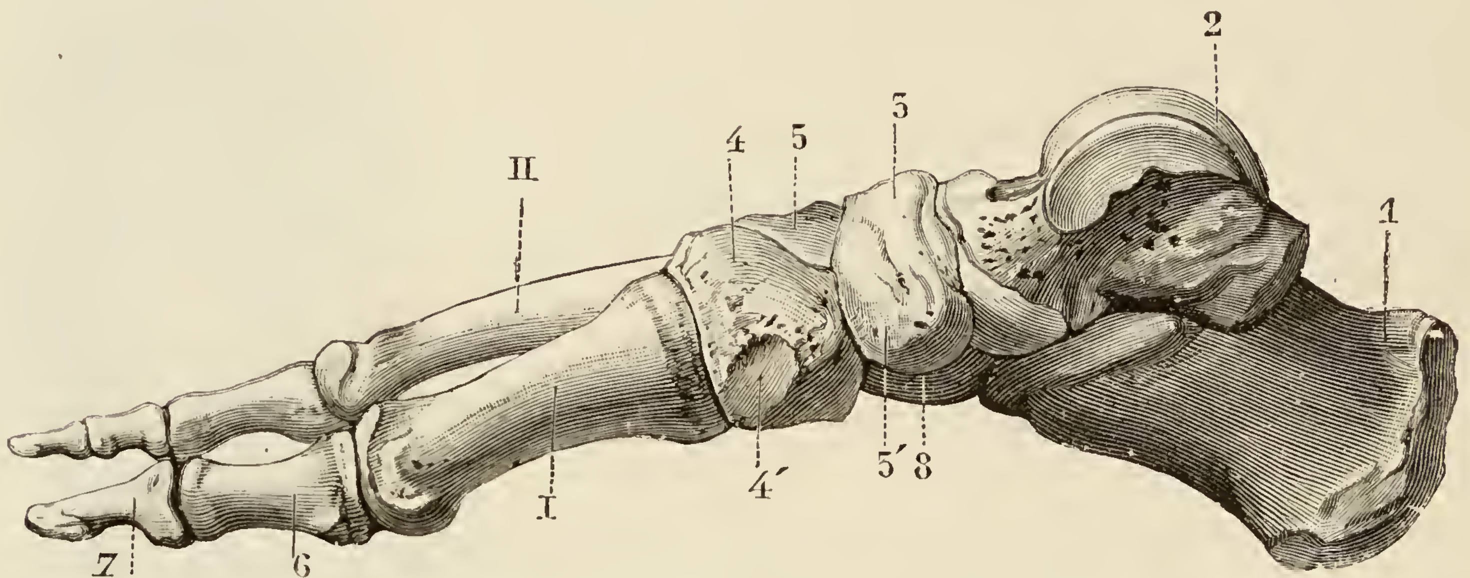


Fig. 51. — Pied droit, vu par son bord interne (Testut, *Anatomie humaine*).
1, calcanéum. — 2, astragale. — 3, scaphoïde. — 4, 5, premier et deuxième cunéiformes. — I, II, premier et deuxième métatarsiens. — 6, 7, phalanges du gros orteil.

nerfs et vaisseaux, qui sont logés sous cette voûte et protégés par elle à l'état normal.

B. Métatarse. — Il comprend cinq petits os longs, les *métatarsiens*, analogues aux métacarpiens et qu'on désigne de la même manière. Ils s'articulent par leurs extrémités postérieures avec le tarse, se dirigent d'arrière en avant, et servent de base aux orteils.

Les métatarsiens complètent la voûte plantaire et lui fournissent l'arc-boutant antérieur; le squelette du pied porte ainsi sur le sol par ses deux extrémités, le calcanéum et les têtes des métatarsiens.

C. Orteils. — Ils sont également au nombre de cinq et on les désigne sous les noms de *1*er ou *gros orteil*, *2*e, *3*e, *4*e et *5*e ou *petit*

orteil, en allant de dedans en dehors; de même que les doigts, ils se composent chacun de trois os ou *phalanges*, placés bout à bout, mais plus rudimentaires; le gros orteil, comme le pouce, n'a que deux phalanges.

CHAPITRE VI

COMPARAISON DES MEMBRES

Au point de vue anatomique, le membre supérieur et le membre inférieur présentent une certaine analogie : chacun comprend quatre segments et chaque segment est constitué par la réunion d'un même nombre d'os semblables. Il existe cependant des différences frappantes, qui tiennent à la diversité de leurs fonctions, le membre supérieur étant adapté en vue de la mobilité, tandis qu'au membre inférieur tout est sacrifié à la solidité. La ceinture scapulaire réduite, légère et bien moins résistante que le bassin, est incomplète, l'omoplate repose simplement sur le thorax et il est suspendu librement à l'extrémité du long levier formé par la clavicule, autour de laquelle il se déplace et, avec lui, tout le membre supérieur; les os iliaques constituent, au contraire, une ceinture volumineuse et immobile. L'humérus se déplace facilement en tous sens, tandis que le fémur, profondément encastré dans la cavité cotyloïde, est plus solide que mobile. Alors que le coude permet des mouvements complexes de l'avant-bras, ceux du genou n'ont lieu que dans le sens antéro-postérieur ; l'humérus s'articule avec le radius et le cubitus et ces deux os eux-mêmes sont mobiles l'un sur l'autre, le fémur ne s'articule qu'avec le tibia et les deux os de la jambe forment une charpente immobile; au coude, l'olécrâne fait saillie en arrière, au genou la rotule proémine en avant; enfin, l'avant-bras se fléchit en avant, le genou en arrière. La main se caractérise surtout par sa mobilité, elle est lâchement unie à l'avant-bras et dans son prolongement direct, ses segments, carpe, métacarpe et doigts, augmentent successive-

ment de longueur; le pied, enfoncé comme dans un étau dans la mortaise que forme la jambe, est perpendiculaire à cette dernière et on voit ses segments, tarse, métatarse et orteils, diminuer de longueur et de mobilité d'arrière en avant et former voûte pour mieux résister à la pression qu'exerce le poids du corps. Ce premier métatarsien, placé au côté interne du pied, n'est pas indépendant comme le premier métacarpien, situé sur le côté externe

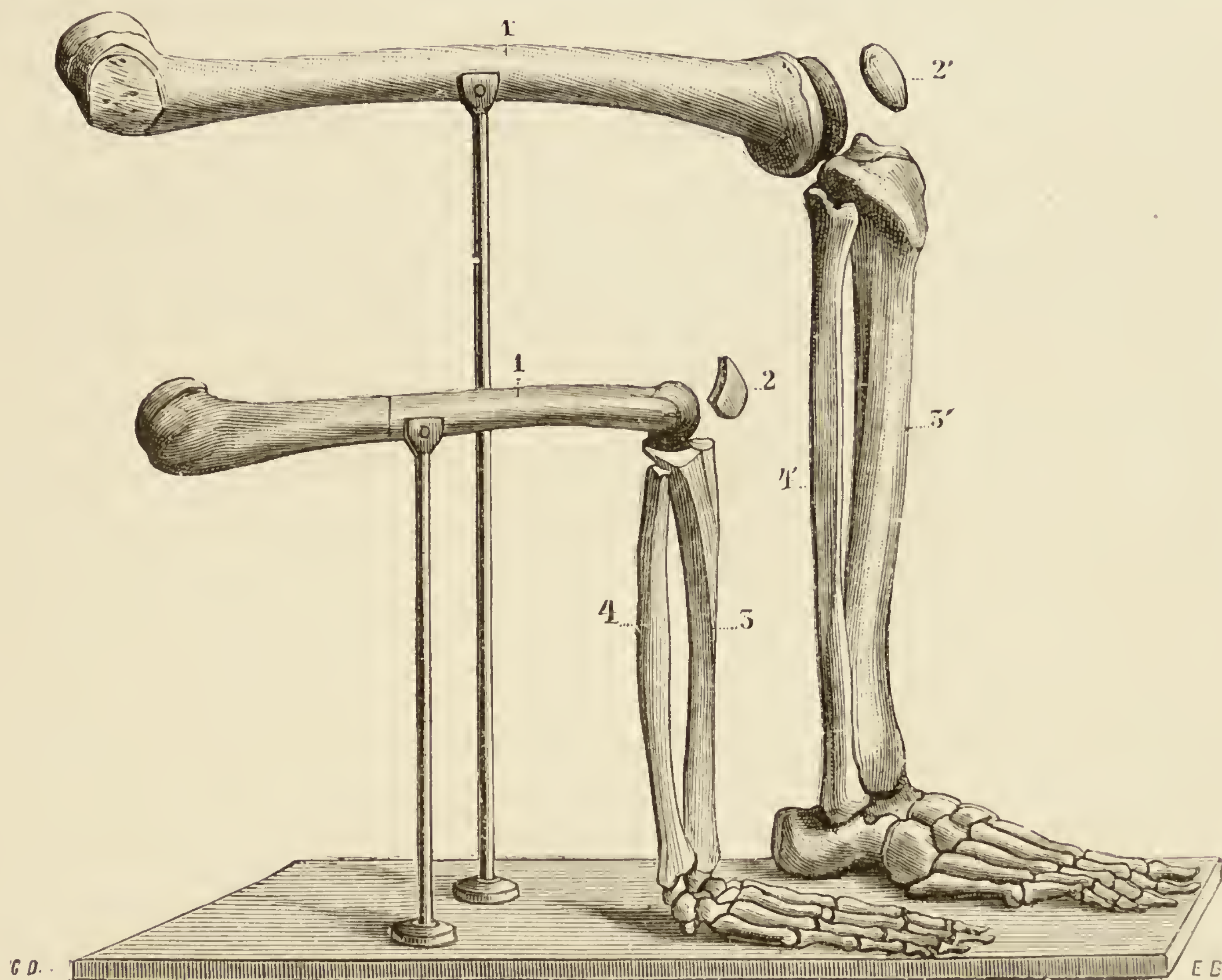


Fig. 52. — Comparaison des membres, l'humérus étant détordu et l'avant-bras ramené au type de la jambe (Testut, *Anatomie humaine*).

de la main, mais il est parallèle aux autres orteils et constitue avec le calcanéum les points d'appui principaux sur le sol.

Les recherches sur le développement des membres ont montré cependant que, malgré ces dissemblances, leur squelette est constitué primitivement d'une manière identique et qu'il a la même orientation, l'olécrâne et la rotule étant tournés tous deux en dehors; dans la suite, l'humérus porte le coude en arrière par une torsion de 90°, et le fémur, accomplissant une torsion analogue mais en sens inverse, déplace le genou en avant.

Pour ramener les membres au type primordial, il suffit de détordre l'humérus, ramolli dans l'acide chlorhydrique, de dedans en dehors de 90°, ce qui fait disparaître sa gouttière de torsion, et de procéder de même pour le fémur, mais en sens inverse. L'olécrâne et la rotule se replacent alors en dehors, le pouce et le gros orteil sont en avant et la situation des différents segments des deux membres devient identique. D'un coup de scie transversal sectionnons l'olécrâne et nous avons l'analogue de la rotule; il reste à identifier les surfaces articulaires du coude et du genou : par une section oblique, détachons le plateau cubital et rattachons-le au radius. Ce dernier, ainsi complété, devient l'homologue du tibia et son apophyse styloïde représente la malléole interne, tandis que le cubitus, avec son apophyse styloïde, devient similaire du péroné, avec sa malléole externe.

II

ARTICULATIONS

On appelle *articulation*, *jointure* ou *article*, le mode d'assemblage de diverses pièces du squelette entre elles; les articulations constituent les centres des mouvements.

Comme pour le squelette, nous étudierons successivement les *caractères généraux de l'articulation*, puis la *conformation de chaque article en particulier*, en insistant sur les grandes jointures du tronc et des membres.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DE L'ARTICULATION

Toute articulation présente à étudier des *parties constituantes* et des *mouvements*; chaque variété de jointure a des caractères généraux, sur lesquels est basée la *classification* des articles.

§ 1. — Parties constituantes

Une articulation est constituée par des *surfaces articulaires*, des *moyens d'union* et des *moyens de glissement*.

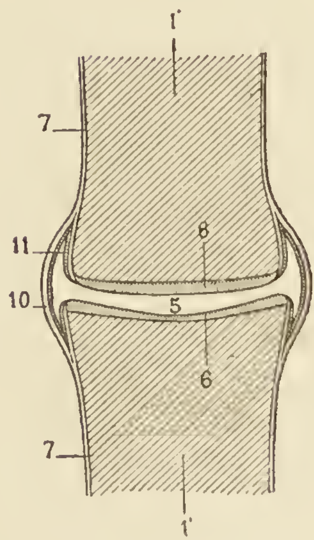


Fig. 53. — Schéma d'une articulation (Testut, *Anatomie humaine*).

1', 1', épiphyses osseuses. — 5, cavité articulaire. — 6, 6, surfaces articulaires et cartilage articulaire. — 7, périoste. — 10, capsule et ligaments extra-articulaires. — 11, synoviale.

A. Surfaces articulaires. — Elles varient de forme avec chaque jointure, mais sont agencées de façon que l'une se moule exactement sur l'autre; d'une manière générale, elles représentent des plans, des portions de sphère ou de cylindre ou bien elles dérivent de l'une de ces trois figures géométriques. Constituées par le tissu spongieux des épiphyses, ces surfaces sont recouvertes à l'état frais d'une substance polie, blanc mat, le *cartilage articulaire*. L'étendue de celui-ci est proportionnelle à l'étendue du mouvement; son épaisseur, de 1 à 2 millimètres en moyenne, varie avec la pression à supporter. Le cartilage est à la fois très élastique et très résistant; sa face profonde adhère intimement à l'os, dont il corrige les inégalités par son plus ou moins d'épaisseur, de manière à former par sa face superficielle

lisse un emboîtement parfait avec la surface articulaire correspondante.

On donne le nom de *bourrelets marginaux* à des anneaux cartilagineux, qui s'insèrent sur le pourtour de certaines surfaces articulaires concaves, de manière à agrandir la cavité de réception ; les cavités glénoïde de l'omoplate et cotyloïde de l'os iliaque présentent de pareils bourrelets

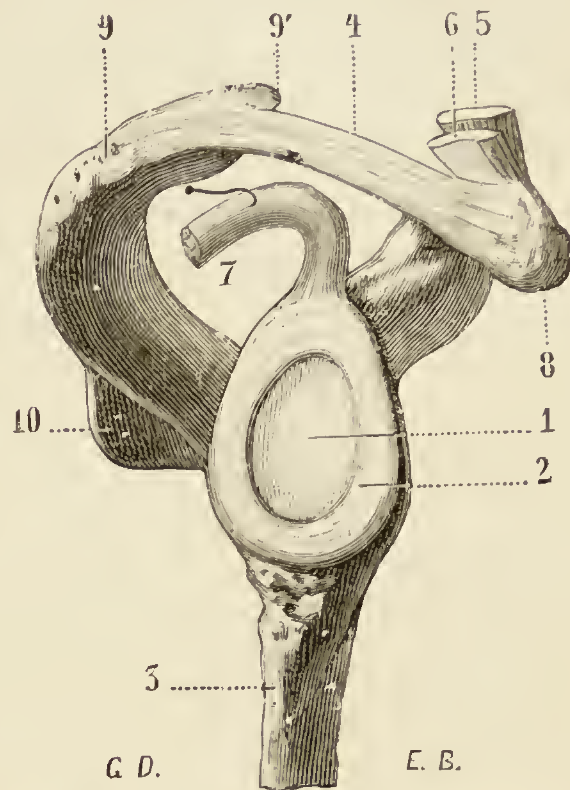


Fig. 54. — Bourrelet marginal tapissant le pourtour de la cavité glénoïde de l'omoplate (Testut, *Anatomie humaine*).

Dans certaines articulations, celles en particulier dont les surfaces ne s'emboîtent pas exactement, sont interposées des cloisons plus ou moins complètes : ce sont les *ménisques interarticulaires* ; chacune des parois du ménisque se moule sur la surface articulaire correspondante. Les articulations du genou et de la mâchoire inférieure sont des types d'articulation à ménisque.

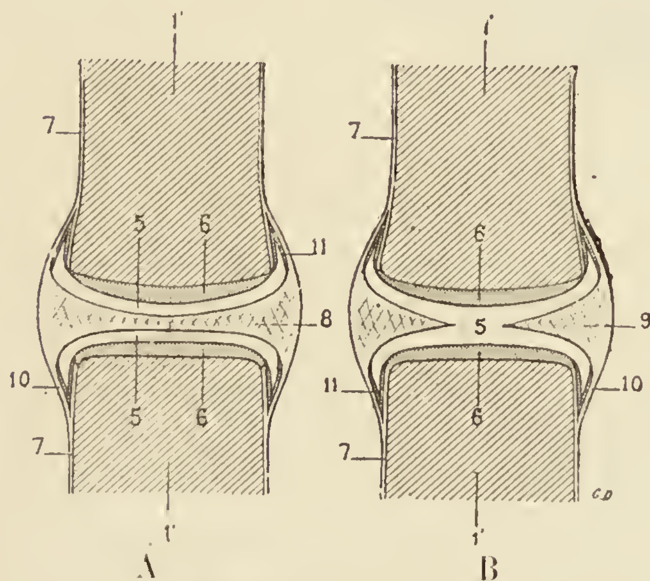


Fig. 55. — Ménisques articulaires complet (A) et incomplet (B) (Testut, *Anatomie humaine*).

1', 1', épiphyses osseuses. — 5, cavité articulaire. — 6, cartilage articulaire. — 7, périoste. — 8, 9, ménisques. — 10, capsule. — 11, synoviale.

B. Moyens d'union. — Les surfaces d'une jointure sont maintenues en contact par la *capsule articulaire*, des *ligaments extra* et *intra-articulaires* et par la *pression atmosphérique*.

a. *Capsule articulaire*. — C'est un manchon fibreux, résistant et inextensible, qui s'insère sur les surfaces articulaires à la limite du cartilage articulaire ; elle ferme complètement la jointure et l'emprisonne comme un manchon fait pour les mains.

b. *Ligaments extra-articulaires*. — Ils sont représentés par des

bandelettes fibreuses, disposées en nombre variable autour des surfaces articulaires et renforçant la capsule.

Les muscles et les tendons, qui passent sur les articles et s'insèrent souvent à leur voisinage, font office de ligaments accessoires et sont des moyens de renforcement complémentaires.

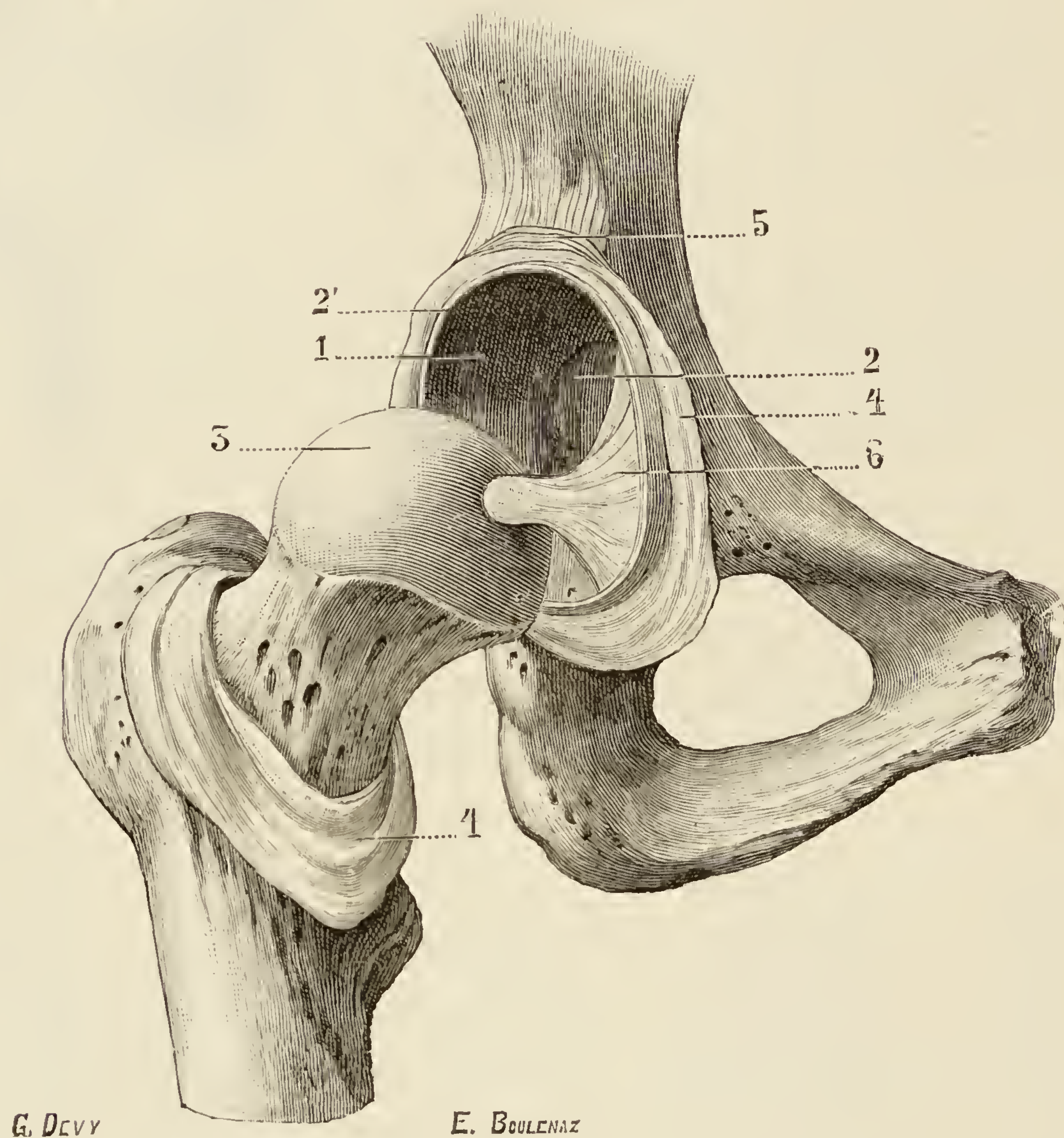


Fig. 56. — Ligament intra-articulaire (ligament rond) de l'articulation de la hanche (Testut, *Anatomie humaine*).

c. *Ligaments intra-articulaires.* — Cachés dans l'intérieur de l'articulation, qu'il faut ouvrir pour les apercevoir, ils se présentent sous forme de gros cordons fibreux, allant d'une extrémité osseuse à l'autre. La hanche et le genou renferment des ligaments intra-articulaires.

d. *Pression atmosphérique.* — Elle maintient les surfaces en contact, parce que le vide existe dans la jointure. Son rôle est démontré par l'expérience des frères Weber sur la hanche : on sectionne sur un cadavre toutes les parties molles ainsi que la

capsule de l'articulation et on constate que le membre inférieur, même avec une forte traction, reste adhérent au bassin ; mais si l'on fait arriver de l'air par un trou pratiqué, à l'aide d'une vrille, dans le fond de la cavité cotyloïde, le membre se détache spontanément ; au contraire, en remettant ce dernier en place et en bouchant le trou avec le doigt, le membre reste de nouveau fixé à la hanche.

C. Moyens de glissement, synoviale. — La synoviale est une membrane tapissant la face interne de la capsule et sécrétant une substance incolore, filante et huileuse, la *synovie*, qui joue le rôle de la graisse dans les rouages d'une machine : elle lubréfie les surfaces articulaires, facilite leur glissement et supprime le frottement de l'une sur l'autre ; elle empêche ainsi l'usure des cartilages, qui survient souvent chez les vieillards, lorsqu'à la suite d'altérations de la synoviale, sa sécrétion est arrêtée [1]. Les mouvements influent sur la composition et l'abondance de la synovie dans une jointure ; moins dense quand cette dernière est au repos, elle devient très épaisse et plus abondante après un exercice prolongé.

§ 2. — Mouvements articulaires

On déduit les mouvements, dont chaque article est susceptible, de la conformation des surfaces articulaires et de la disposition des ligaments ; il y en a quatre principaux, le *glissement*, la *rotation*, l'*opposition* et la *circumduction*.

A. Glissement. — C'est le déplacement de surfaces articulaires l'une sur l'autre, sans qu'elles s'abandonnent.

B. Rotation. — Un os tourne autour de son axe longitudinal

[1] La synovie augmente également l'adhésion de surfaces articulaires l'une à l'autre et son action intervient probablement pour une certaine part dans l'expérience des frères Weber : en interposant un peu de synovie entre deux disques en verre rodé, dont la superficie a exactement les dimensions des surfaces articulaires de la hanche et en fixant l'un d'eux à un support, il faut suspendre à l'autre un poids de 10 kilogrammes pour obtenir leur séparation.

ou autour d'un axe, qui lui est parallèle ; l'humérus tourne autour de son axe, le radius se meut autour du cubitus.

C. Opposition. — L'os se porte alternativement dans deux sens opposés, en avant et en arrière ou en dedans et en dehors ; tels sont la *flexion* et l'*extension* de l'avant-bras sur le bras, l'*adduction* et l'*abduction* de celui-ci, autrement dit, son rapprochement et son éloignement par rapport au corps.

D. Circumduction. — Elle consiste en un mouvement de fronde, dans lequel l'os décrit un cône, dont le sommet est à l'articulation.

§ 3. — Classification des articulations

On divise d'après leur degré de mobilité les articulations en trois groupes, les *synarthroses*, les *amphiarthroses* et les *diarthroses*.

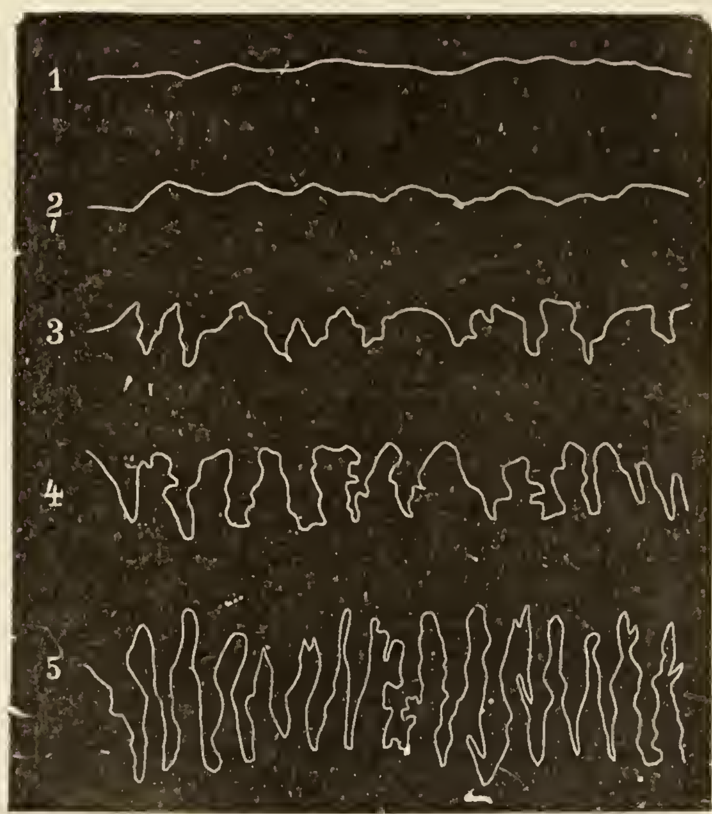


Fig. 57. — Différents degrés de complexité des sutures (Testut, *Anatomie humaine*).

A. Synarthroses ou sutures. — Ce sont des articulations fixes et immobiles ; elles unissent les os du crâne.

B. Amphiarthroses ou symphyses. — Elles présentent des surfaces articulaires planes, sans synoviales ; ces jointures rudimentaires ne sont douées que d'un mouvement de glissement restreint. La symphyse pubienne en est l'exemple le plus classique.

C. Diarthroses. — Elles englobent les articulations proprement

dites, complètes au point de vue anatomique et jouissant de mou-

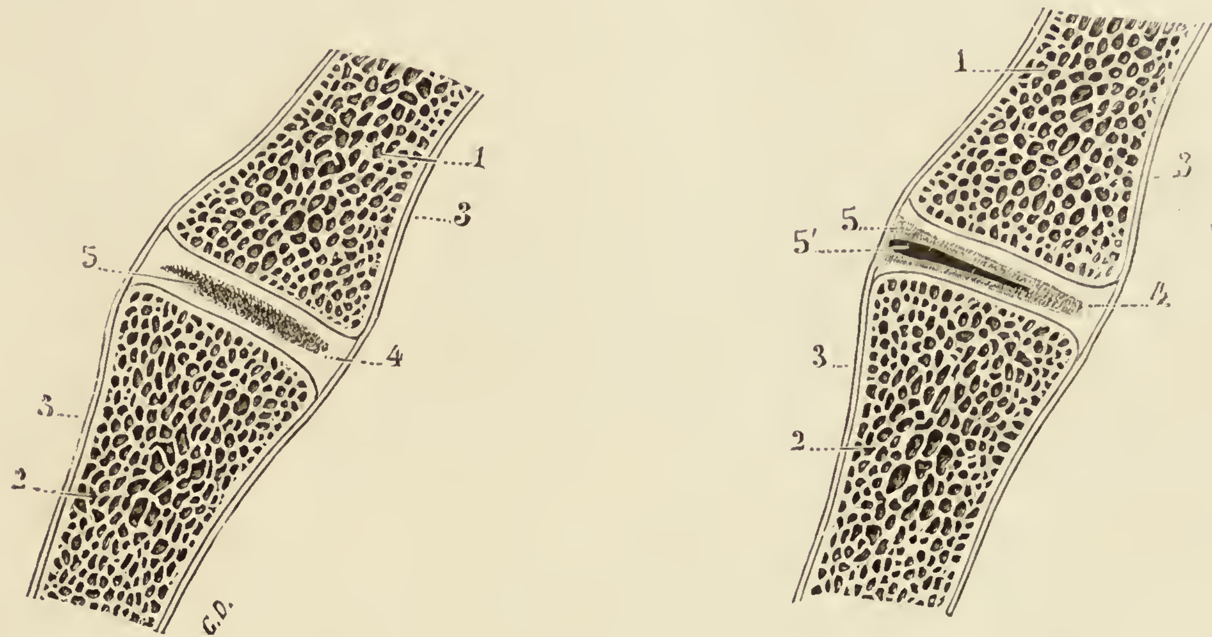


Fig. 58. — Types de symphyse (Testut, *Anatomie humaine*).
1, 2, extrémités osseuses. — 3, 3, périoste. — 4, cartilage. — 5, 5, rudiment de cavité articulaire.

vements étendus et variés ; on les subdivise en 6 classes, dont le tableau suivant résume les caractères distinctifs :

	SURFACES articulaires	MOYENS D'UNION	MOUVEMENTS	EXEMPLE
a. *Arthrodie.*	Surfaces articulaires planes.	Ligaments disposés irrégulièrement autour de l'article.	Glissement.	Articulation des apophyses vertébrales.
b. *Trochoïde* ou *articulation en pivot.*	Cylindre osseux mobile dans un anneau ostéo-fibreux, qui l'entoure.	Ligament semi-annulaire.	Rotation.	Articulation radio-cubitale supérieure.
c. *Trochléenne* ou *articulation en charnière.*	Une poulie, *trochlée*, d'un côté, de l'autre une crête médiane et deux facettes latérales.	4 ligaments dont 2 latéraux, 1 antérieur, 1 postérieur.	Flexion et extension.	Articulation de l'humérus avec le cubitus.
d. *Emboîtement réciproque* ou *articulation en selle.*	Chaque surface présente une convexité dans un sens, une concavité dans le sens perpendiculaire ; la concavité de l'une reçoit la convexité de l'autre.	Capsule.	Tous, sauf la rotation.	Articulation métacarpienne du pouce.

	SURFACES articulaires	MOYENS D'UNION	MOUVEMENTS	EXEMPLE
e. *Condylienne* ou *articulation à surfaces elliptiques.*	Surface convexe dite *condyle* d'un côté, excavation appelée *cavité glénoïde* de l'autre.	*Tête* sphérique reçue dans une *cavité* de même forme, souvent agrandie par un bourrelet.	Tous, sauf la rotation.	Mâchoire inférieure.
f. *Enarthrose* ou *articulation à surfaces sphériques*	4 ligaments extraarticulaires, 2 latéraux, 1 antérieur, 1 postérieur.	Capsule renforcée par plusieurs, ligaments, ligament intra-articulaire.	Étendus en tous sens.	Hanche.

CHAPITRE II

ARTICULATIONS DE LA TÊTE

Les différents os du crâne et de la mâchoire supérieure sont unis par des *sutures; l'articulation temporo-maxillaire* rattache la mâchoire inférieure au reste de la tête.

§ 1. — Sutures du crane

Elles joignent solidement les os crâniens entre eux et affectent les formes les plus variées, depuis la simple ligne jusqu'aux dentelures les plus complexes; elles s'effacent complètement chez le vieillard, dont le crâne paraît formé d'une seule pièce osseuse.

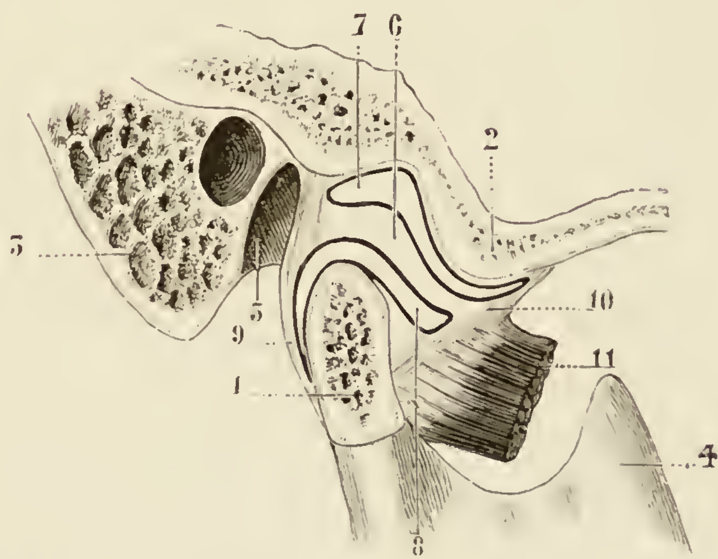


Fig. 59. — Coupe verticale de l'articulation temporo-maxillaire (Testut. *Anatomie humaine*).

1, condyle maxillaire. — 2, os malaire. — 3, apophyse mastoïde. — 4, apophyse coronoïde. — 6, ménisque interarticulaire. — 7, 8, synoviale. — 9, 10, capsule articulaire.

§ 2. — Articulation temporo-maxillaire

La mâchoire inférieure est rattachée au crâne par une condylienne double.

Surfaces articulaires. — Maxillaire inférieur : Deux *condyles* ellipsoïdes à grand axe oblique d'avant en arrière et de dehors en dedans.

Temporal ; Cavité glénoïde deux fois plus grande que le condyle; l'harmonie est rétablie par un *ménisque interarticulaire.*

Moyen d'union. — Capsule se fixant au pourtour des surfaces cartilagineuses.

Mouvements. — Abaissement et élévation autour d'un axe transversal ;

Projection en avant et en arrière :

Diduction ou mouvement de latéralité.

CHAPITRE III

ARTICULATIONS DU TRONC

Les articulations du tronc sont nombreuses ; on peut les classer en *articulations intrinsèques de la colonne vertébrale*, *articulations de la colonne vertébrale* avec *la tête* et avec *les côtes*.

§ 1. — Articulations intrinsèques de la colonne vertébrale

Les vertèbres s'articulent entre elles :

1° Par leurs corps ;

2° Par leurs apophyses articulaires ;

Elles sont en outre réunies :

3° Par leurs arcs ;

4° Par leurs apophyses épineuses.

A. Articulations des corps vertébraux. — Ce sont des amphiarthroses.

Surf. art. — Représentées par les faces supérieures et inférieures des corps, elles sont concaves à l'état sec et réunies à l'état frais par un ménisque, appelé *disque intervertébral*, en forme de lentille biconvexe et dont l'épaisseur va en augmentant de haut en bas.

M. d'union. — *Ligament vertébral commun antérieur*, large ruban nacré allant de l'axis au sacrum et adhérant à chaque corps vertébral.

Ligament vertébral commun postérieur de même étendue et placé à la face postérieure des corps dans le canal vertébral.

B. Articulations des apophyses articulaires. — Elles constituent des arthrodies.

Surf. art. — Sur les 4 apophyses articulaires de chaque vertèbre, on voit de petites facettes cartilagineuses, dirigées les deux supérieures en arrière, les deux inférieures en avant ; chaque facette inférieure s'articule avec la facette supérieure de l'apophyse sous-jacente.

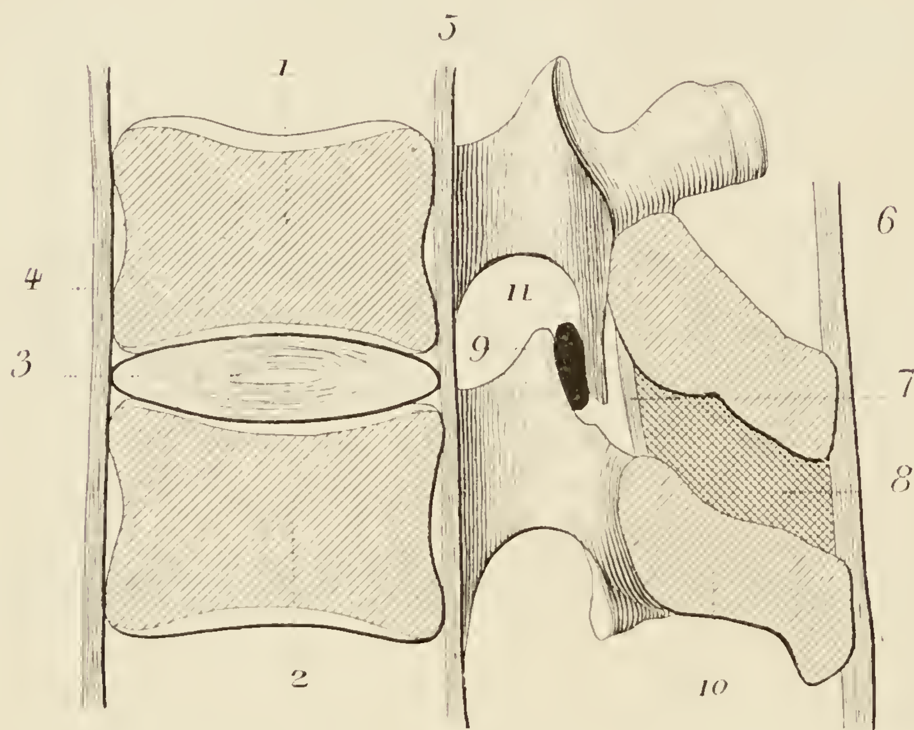


Fig. 60. — Coupe verticale et antéro-postérieure de deux vertèbres (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, corps vertébraux. — 3, disque intervertébral et rudiment de cavité articulaire. — 4, ligament vertébral commun antérieur. — 5, ligament vertébral commun postérieur. — 6, ligament surépineux. — 7, ligament jaune. — 8, ligament interépineux. — 9, articulation des apophyses articulaires. — 10, apophyses épineuses. — 11, trou de conjugaison.

C. Union des arcs vertébraux. — Chaque arc est uni à celui du dessus et à celui de dessous par un ligament, nommé *ligament jaune*, à cause de sa couleur, et qui, en remplissant tout l'espace que les arcs laissent entre eux, ferme complètement le canal vertébral en arrière.

D. Union des apophyses épineuses. — Elles sont unies par le ligament *surépineux* et le ligament *interépineux*.

a. *Ligament surépineux*. — C'est un long cordon fibreux occupant la ligne médiane et s'insérant sur le sommet de chaque apophyse ; il est particulièrement développé à la nuque et prend des proportions gigantesques chez les gros mammifères, où il contribue au maintien de la tête.

b. *Ligament interépineux*. — Il est constitué par des cloisons verticales placées de champ dans les espaces compris entre les apophyses épineuses.

E. Mouvements de la colonne vertébrale. — Le mouvement est

très limité dans chaque articulation prise en particulier ; mais étant donné le nombre des jointures, leurs déplacements s'additionnent et deviennent notables pour l'ensemble de la colonne vertébrale. La région cervicale est la plus mobile ; vient ensuite la région lombaire et en dernier lieu se place la région dorsale.

La colonne vertébrale exécute les mouvements suivants :

a. *Flexion et extension.* — La première est arrêtée par la tension des ligaments postérieurs, la seconde, moins étendue, est limitée par la rencontre des apophyses épineuses.

b. *Inclinaison latérale.* — Elle se fait à droite et à gauche de l'axe du corps.

c. *Rotation.* — Elle s'exécute également vers la droite ou la gauche et a pour siège l'articulation des corps vertébraux.

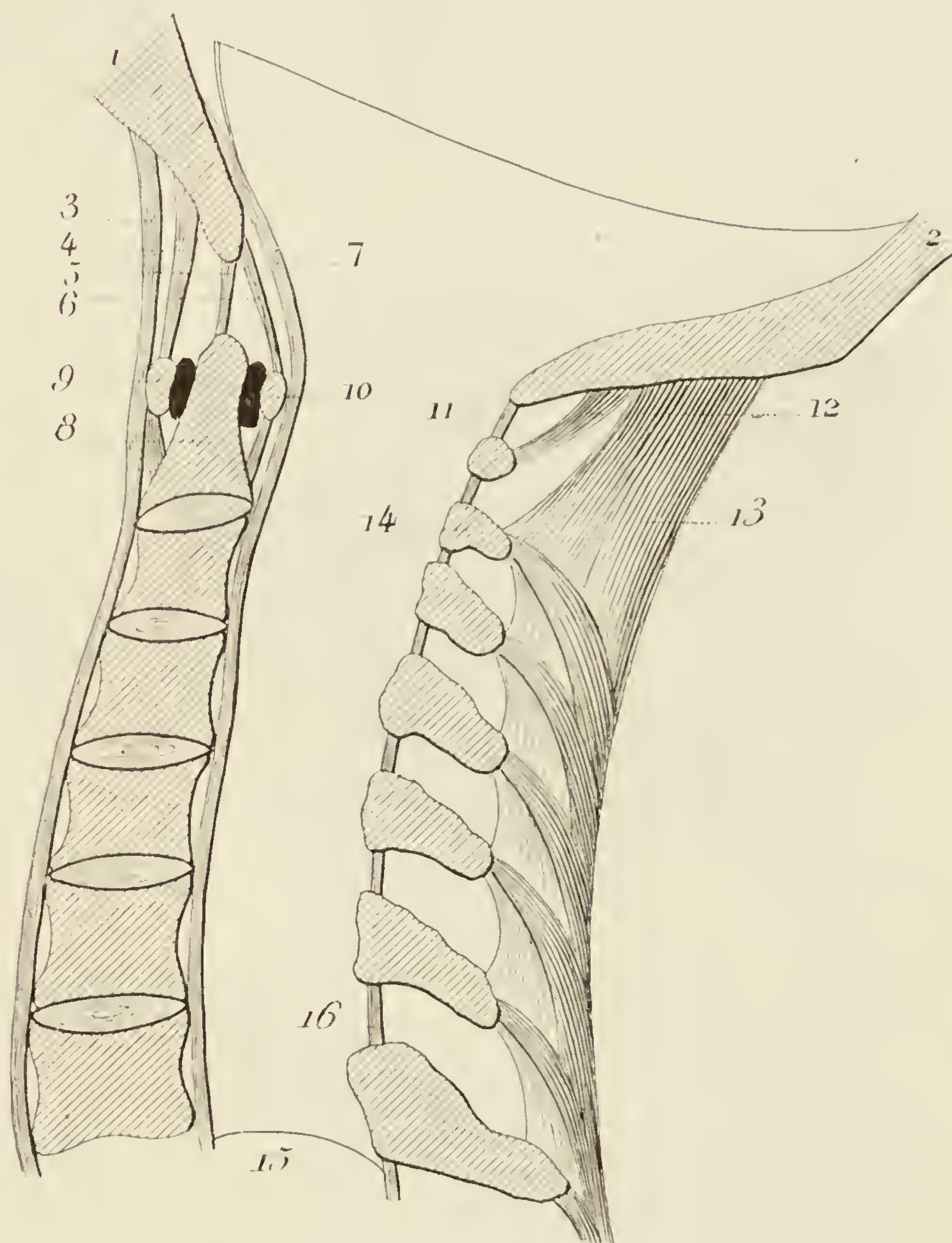


Fig. 61. — Coupe verticale de l'articulation alloïdo-axoïdiene (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, occipital. — 3, ligament vertébral commun antérieur. — 4, 5, 6, ligaments entre l'occipital, l'atlas et l'axis en avant. — 7, ligament vertébral commun postérieur. — 8, axis. — 9, arc antérieur de l'atlas. — 10, ligament transverse. — 11, 12, ligaments unissant l'occipital, l'atlas et l'axis en arrière. — 13, ligament surépineux. — 14, apophyses épineuses. — 15, canal vertébral. — 16, ligament jaune.

d. *Circumduction.* — La colonne décrit un cône à base supérieure, avec sommet à l'articulation sacro-vertébrale.

§ 2. — Articulation de la colonne vertébrale avec la tête

A cette articulation, prennent part l'*occipital*, l'*atlas* et l'*axis*.

A. Articulation occipito-atloïdienne. — C'est une double condylienne.

Surf. art. — *Occipital* : Deux *condyles* convexes, ovalaires et obliques en arrière et en dehors.

Atlas : Deux *cavités glénoïdes*, placées sur la face supérieure des masses latérales et se moulant sur les condyles.

Mouv. — Flexion et extension de la tête ;

Inclinaison latérale à droite et à gauche.

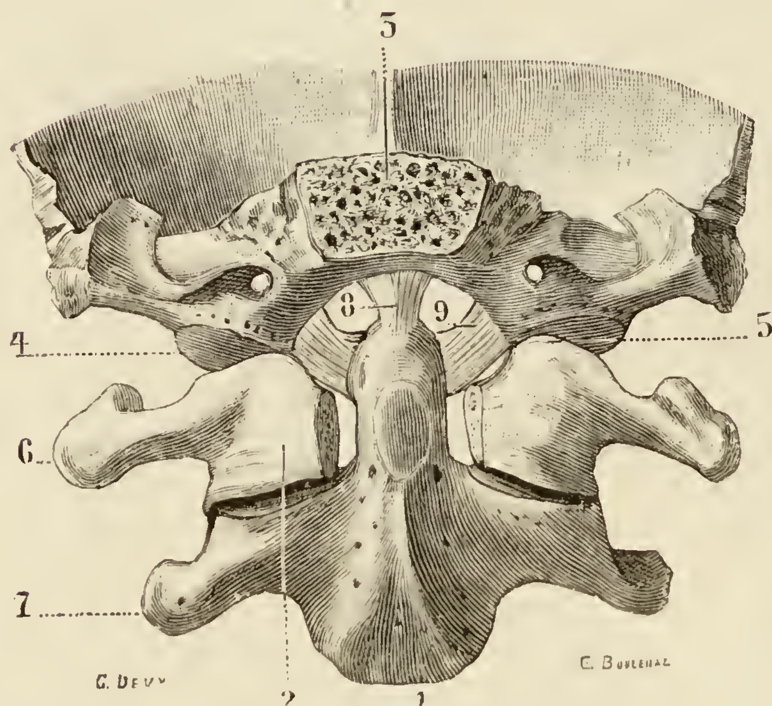


Fig. 62. — Articulation occipito-atloïdienne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, axis. — 2, atlas, dont l'arc antérieur a été enlevé. — 4, condyles occipitaux. — 3, masses latérales de l'atlas. — 6, apophyses transverses de l'atlas. — 7, apophyses transverses de l'axis. — 8, 9, ligaments rattachant la dent à l'occipital.

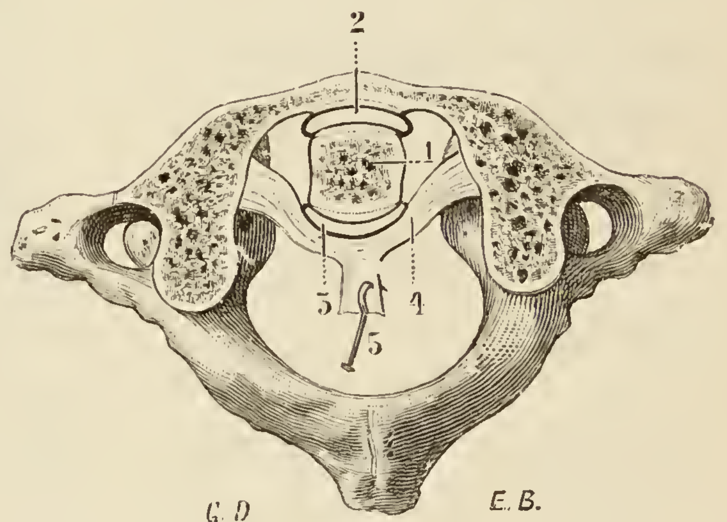


Fig. 63. — Coupe horizontale de l'articulation atloïdo-axoïdienne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, coupe de la dent. — 2, articulation entre la dent et l'arc antérieur. — 3, articulation entre la dent et le ligament transverse. — 4, 5, ligament transverse.

B. Articulation atloïdo-axoïdienne. — Les deux premières cervicales s'articulent par leurs apophyses articulaires comme deux vertèbres quelconques ; il existe en outre, entre l'atlas et l'axis, une trochoïde avec les caractères particuliers suivants :

Surf. art. — *Axis* : Il présente un pivot, constitué par la *dent* encroûtée de cartilage sur ses faces antérieure et postérieure.

Atlas : Un *anneau ostéo-fibreux* est formé en avant par l'arc antérieur et en arrière par un ligament transverse, allant d'une masse latérale à l'autre ; il enserre la dent à sa base.

Mouv. — Rotation de la tête à droite et à gauche.

§ 3. — Articulations costo-vertébrales

Les 12 paires de côtes s'articulent avec les 12 vertèbres dorsales.

Surf. art. — *Côtes* : Deux facettes planes, l'une supérieure, l'autre inférieure, s'inclinant l'une vers l'autre et séparées par une crête mousse.

Vertèbres : Deux facettes similaires situées, l'une sur le corps vertébral au-dessus, l'autre sur celui du dessous, et séparées par le disque intervertébral ; la côte s'enfonce entre elles à la manière d'un coin.

M. d'union. — *Ligament intra-articulaire* s'insérant sur la crête costale et sur le disque intervertébral.

Ligament antérieur ou *rayonné* avec un sommet s'insérant sur la côte et une base étalée sur les deux corps vertébraux voisins.

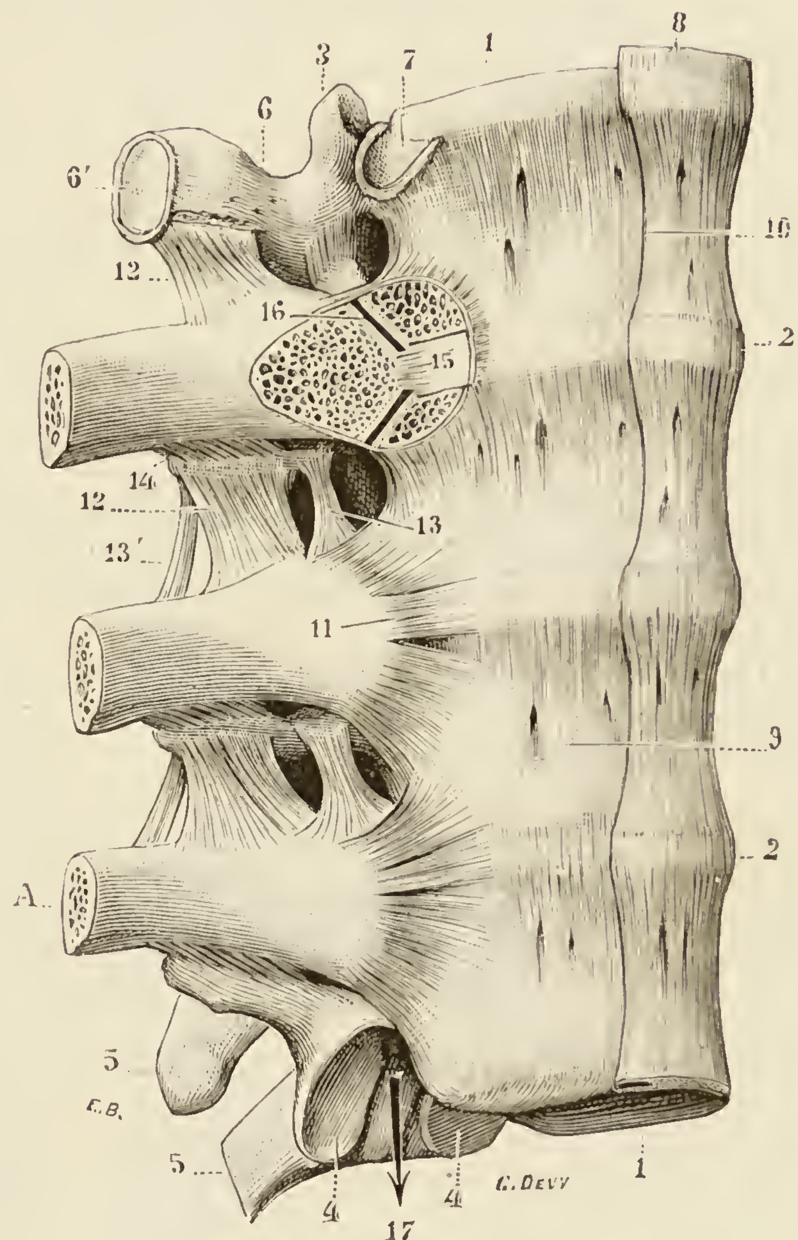


Fig. 64. — Articulations costo-vertébrales (Testut, *Anatomie humaine*).

A, côtes. — 1, corps vertébraux. — 2, disques intervertébraux. — 3, apophyse articulaire supérieure. — 4, apophyse articulaire inférieure. — 5, apophyse épineuse. — 6, apophyse transverse. — 8, 9, 10, ligament vertébral commun antérieur. — 11, ligament rayonné. — 12, 13, 13', 14, ligaments allant des côtes aux apophyses transverses. — 15, ligament intra-articulaire. — 16, synoviale. — 17, canal vertébral.

Mouv. — *Élévation* : Dans ce mouvement, les côtes subissent un double déplacement. Leurs extrémités antérieures se soulèvent et se portent en avant, en entraînant le sternum ; il en résulte une direction moins oblique de l'arc costal et une *augmentation du diamètre antéro-postérieur du thorax*. En même temps, la côte est le siège d'un mouvememt de rotation autour d'un axe, qui passerait par ses deux extrémités ; le

point culminant de sa courbure s'écarte du plan médian du corps et il y a *augmentation du diamètre transverse*. L'étendue de ce

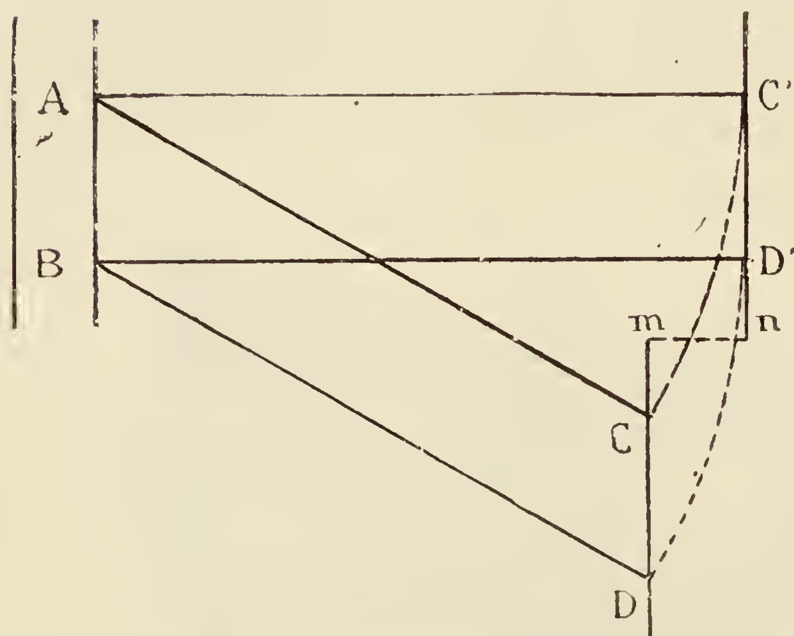


Fig. 65. — Schéma montrant l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur du thorax dans l'élévation des côtes (Hédon, *Précis de physiologie*).

AB, colonne vertébrale. — AC, BD, deux côtes en expiration. — AC', BD', les mêmes en inspiration. — *mn*, augmentation du diamètre.

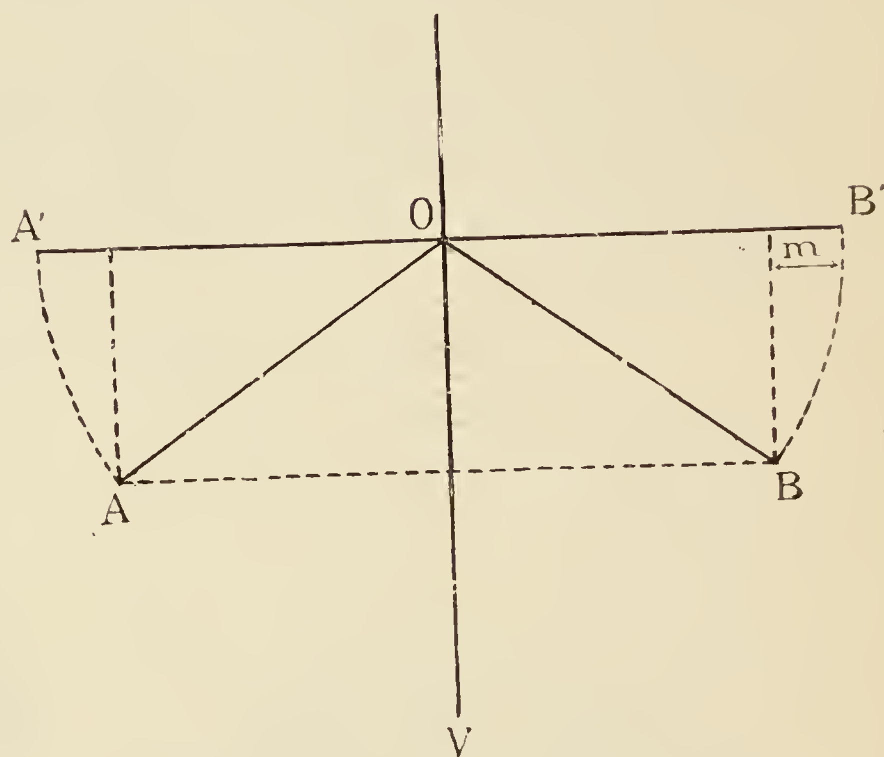


Fig. 66. — Schéma montrant l'agrandissement du diamètre transverse du thorax dans l'élévation des côtés (Hédon, *Précis de physiologie*).

OV, colonne vertébrale. — OA, OB, deux côtes en expiration. — OA', OB', les mêmes en inspiration. — *m*, augmentation du diamètre.

double déplacement, augmente de haut en bas et atteint son maximum au niveau de l'appendice xyphoïde.

Abaissement : Il entraîne par un mécanisme inverse la diminution des deux diamètres précités du thorax.

CHAPITRE IV

ARTICULATIONS DU MEMBRE SUPÉRIEUR

§ 1. — Articulations des os de l'épaule

Le membre supérieur se rattache au thorax par l'articulation de la clavicule avec le sternum ; les os de l'épaule, omoplate et clavicule, sont unis l'un à l'autre par l'articulation acromio-claviculaire. Ces deux jointures constituent les centres de mouvement de l'épaule.

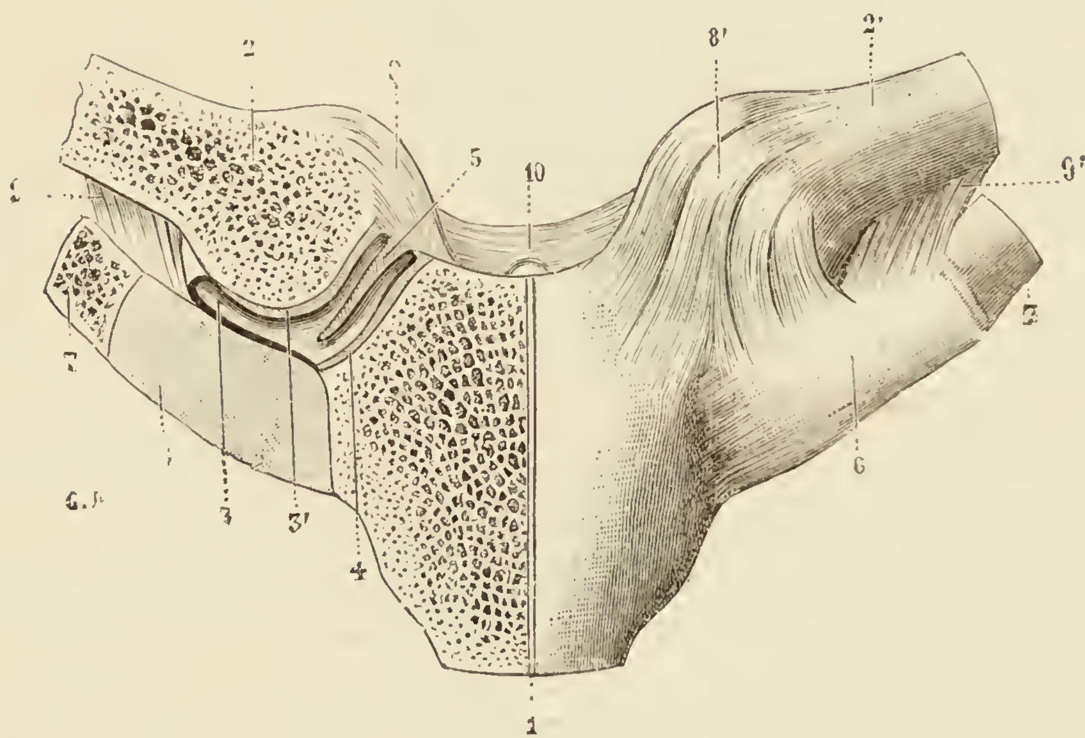


Fig. 67. — Articulation sterno-claviculaire (Testut, *Anatomie humaine*).

1, sternum. — 2, 2', clavicules. — 3, synoviale. — 3', surface articulaire de la clavicule. — 4, surface articulaire du sternum. — 5, ménisque inter-articulaire. — 6, premier cartilage costal. — 7, première côte. — 8, 8', 9, 9', ligaments allant de la clavicule au sternum, à la première côte et à la clavicule opposée.

A. Articulation sterno-claviculaire. — C'est une articulation par emboîtement réciproque.

Surf. art. — *Sternum :* Facette oblongue, placée sur le côté de la base sternale.

Clavicule : Facette verticale et plane sur l'extrémité interne de l'os.

Ménisque inter-articulaire : Ses deux faces se moulent sur les facettes précédentes et rétablissent la concordance.

M. d'union. — De puissants ligaments rattachent la clavicule à celle du côté opposé, au sternum et à la première côte.

Mouv. — Élévation et abaissement : L'extrémité externe de la clavicule monte ou descend.

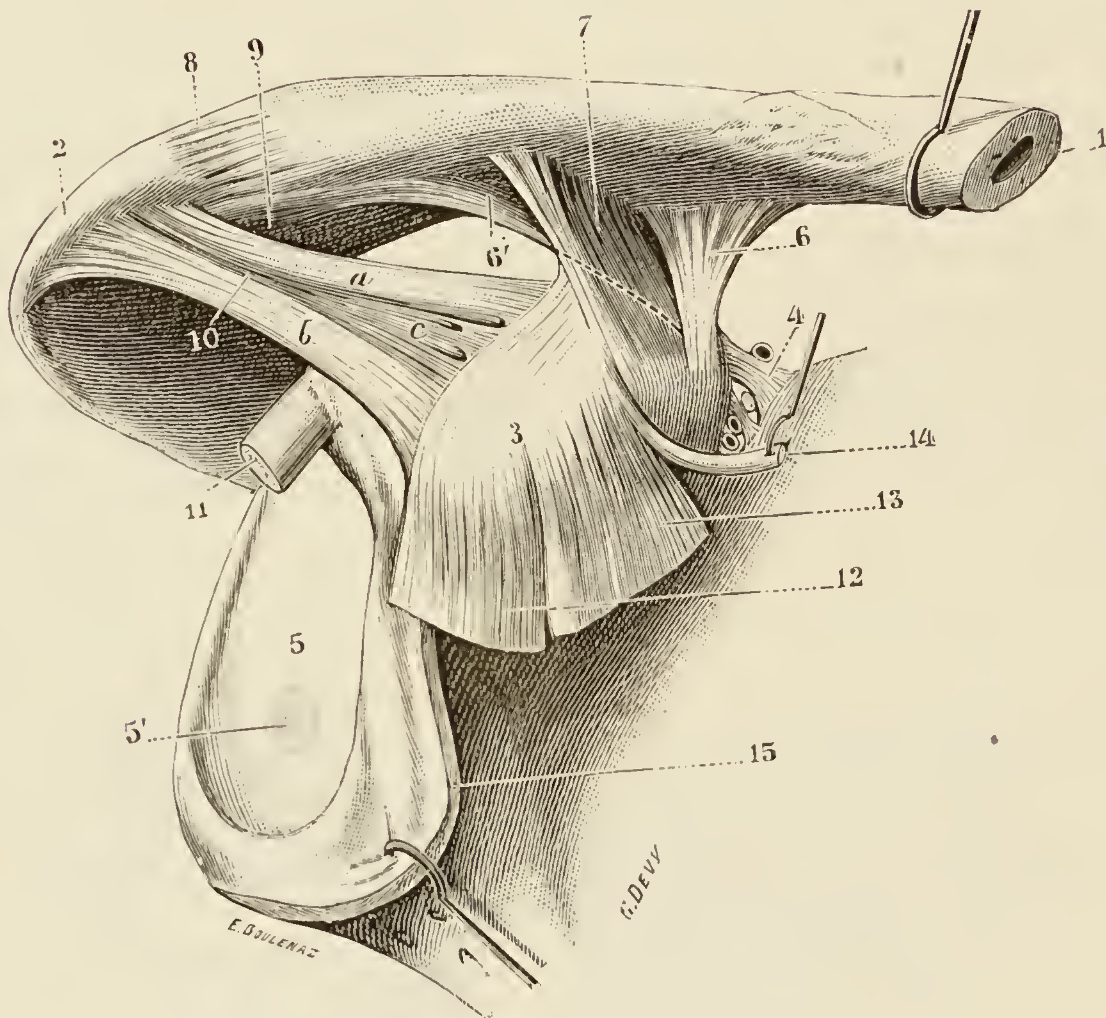


Fig. 68. — Articulation acromio-claviculaire et voûte acromio-coracoïdienne droites (Testut, *Anatomie humaine*).

1, clavicule. — 2, acromion. — 3, apophyse coracoïde. — 5, cavité glénoïde. — 6, 6', 7, ligament allant de la clavicule à la coracoïde. — 8, 9, articulation acromio-articulaire. — 10, voûte acromio-coracoïdienne. — 15, capsule de l'articulation de l'épaule.

Adduction et abduction : La même extrémité est projetée en avant ou en arrière.

Dans ces mouvements, la clavicule représente un long levier, dont l'extrémité externe porte l'épaule et tout le membre supérieur, qui se déplacent avec elle.

B. Articulation acromio-claviculaire. — C'est une arthrodie.

Surf. art. — *Clavicule* : Facette plane à son extrémité externe.

Acromion : Facette similaire à son sommet.

M. d'union. — Ligaments fixant la clavicule à l'acromion et à l'apophyse coracoïde.

Mouv. — Glissement : Ce mouvement permet à l'omoplate des déplacements assez étendus avec l'articulation acromio-claviculaire comme centre. En tournant autour de celle-ci, le scapulum exécute un mouvement de sonnette ou de bascule, qui l'abaisse et l'élève alternativement, pendant que sa face antérieure glisse sur la paroi thoracique. Quand il s'abaisse, son angle supérieur s'éloigne de la colonne vertébrale, l'angle inférieur s'en rapproche, l'angle externe descend et avec lui, l'épaule. L'élévation a lieu par un mécanisme inverse et entraîne l'épaule en haut.

Les déplacements de l'épaule se passent donc à la fois dans les deux jointures de la clavicule : le mouvement dans l'une se combine avec celui dans l'autre et n'est jamais isolé.

§ 2. — Articulation de l'épaule ou scapulo-humérale

Elle représente une énarthrose, joignant le bras à l'épaule par l'intermédiaire de l'humérus et de l'omoplate.

Surf. art. — *Tête de l'humérus :* Représentant le tiers d'une sphère de 3 centimètres de rayon, elle regarde obliquement en haut et en dedans ; son axe forme, avec celui de l'humérus, un angle de 130°.

Omoplate : Cavité glénoïde, en forme d'ovale à grand axe vertical, légèrement concave et regardant en dehors et un peu en haut.

Bourrelet glénoïdien : Cerceau fibro-cartilagineux, posé à la manière d'un cadre sur le pourtour de la cavité glénoïde et ayant pour effet d'augmenter sa concavité.

Voûte acromio-coracoïdienne : Malgré le bourrelet, la cavité est insuffisante pour recevoir la tête humérale, dont la partie supérieure est surplombée par une voûte formée par l'acromion, la coracoïde et un épais ligament, allant de l'un à l'autre.

M. d'union. — Ils sont réalisés par une capsule et de nombreux

ligaments rattachant l'humérus à l'apophyse coracoïde et au pourtour de la cavité glénoïde.

Mouv. — Abduction ou *élévation* : L'humérus tourne autour d'un axe antéro-postérieur passant par la tête ; la rencontre de la grosse tubérosité avec l'acromion limite l'abduction à l'horizontale et l'élévation du bras au delà est due au mouvement de bascule de l'omoplate, précédemment décrit.

Adduction ou *abaissement* : Il est l'inverse du précédent.

Flexion ou *projection en avant* : Elle est très étendue

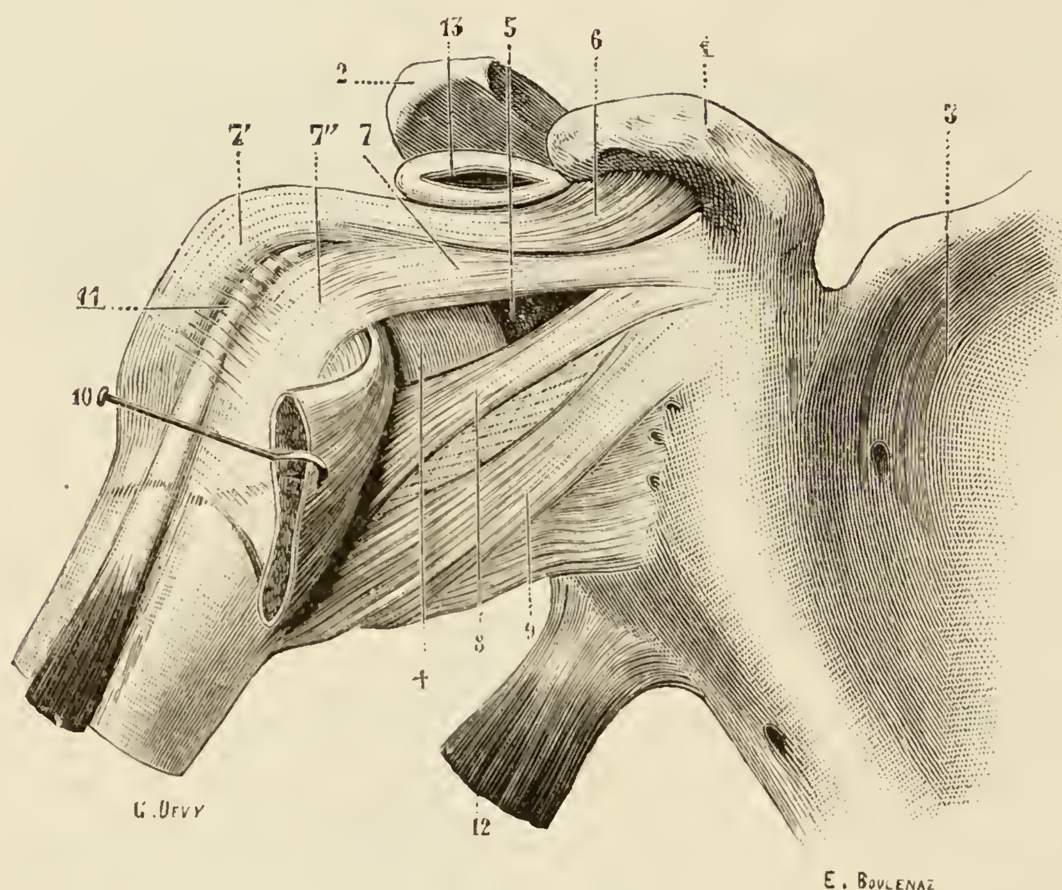


Fig. 69. — Articulation scapulo-humérale droite, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, apophyse coracoïde. — 2, acromion. — 3, fosse sous-scapulaire. — 4, tête humérale. — 5, cavité glénoïde. — 6, 7, 8, 9, ligaments renforçant la capsule. — 10, tendon du biceps logé dans la gouttière bicipitale.

et se fait autour d'un axe transversal, passant par le milieu de la cavité glénoïde.

Extension ou *projection en arrière* : Bien plus limitée, elle est arrêtée par la rencontre de la tête humérale avec la coracoïde.

Rotation : Elle se fait en dedans ou en dehors ; son axe est celui même de l'os.

§ 3. — Articulation du coude ou radio-cubito-humérale

Elle réunit le bras à l'avant-bras et comprend trois os, l'humérus

en haut, le radius et le cubitus en bas ; c'est une articulation complexe, condylienne entre les deux premiers os, trochléenne entre le premier et le dernier.

Surf. art. — *Humérus*: Son extrémité inférieure, élargie transversalement présente, en dedans une *trochlée*, poulie à gorge antéro-

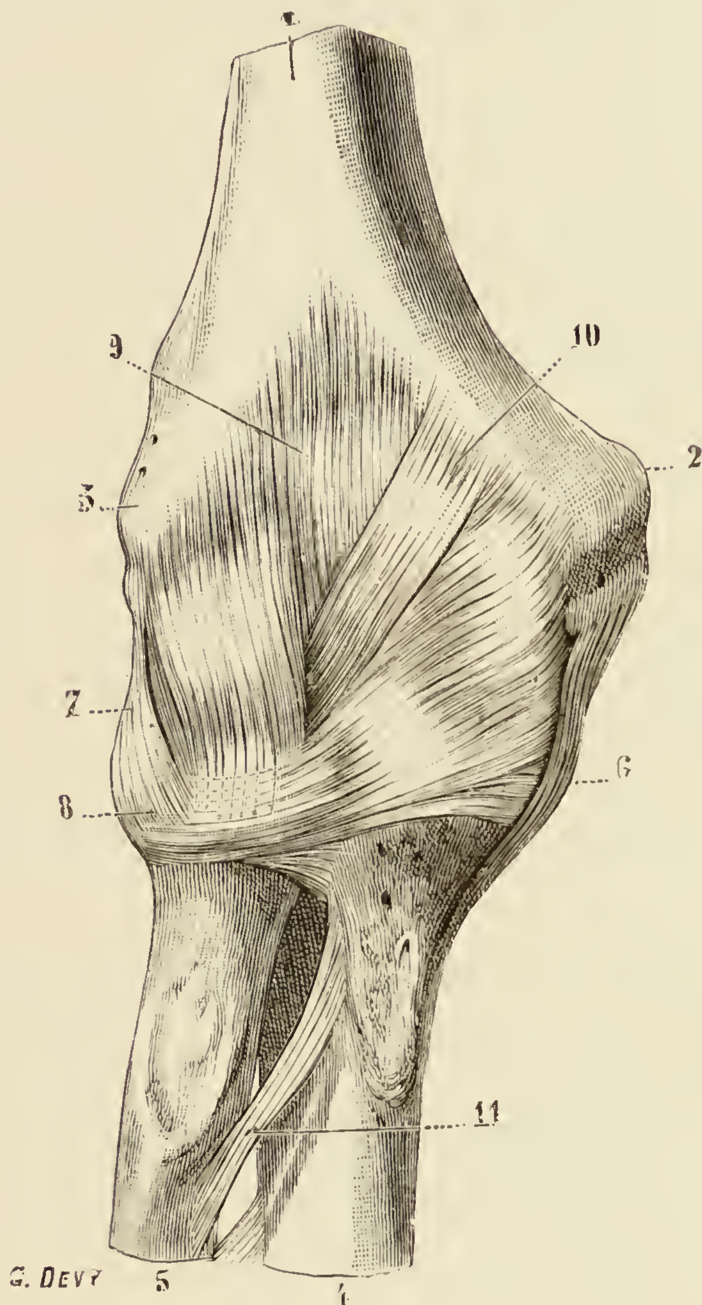


Fig. 70. — Articulation du coude droit, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, humérus. — 2, épitrochlée. — 3, épicondyle. — 4, cubitus. — 5, radius. — 6, 7, ligaments latéraux. — 8, ligament annulaire. — 9, 10, capsule.

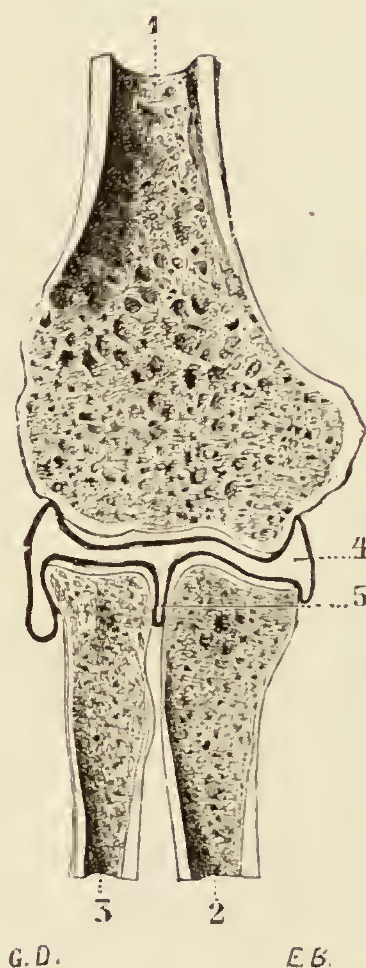


Fig. 71. — Coupe verticale et transversale du coude droit (Testut, *Anatomie humaine*).

1, humérus. — 2, cubitus. — 3, radius. 4, synoviale du coude. — 5, son prolongement entre le radius et le cubitus.

postérieure et dont le bord interne descend plus bas que l'externe, en dehors un *condyle*, saillie sphérique séparée de la trochlée par une rainure mousse ; trochlée et condyle sont revêtus d'une couche ininterrompue de cartilage, qui s'étend plus sur la face antérieure de l'humérus que sur sa face postérieure et s'arrête aux fossettes coronoïdienne et olécrânienne.

Cubitus : La surface articulaire est la *grande cavité sigmoïde*, limitée par l'apophyse coronoïde et l'olécrâne ; fortement concave en avant, elle est divisée en deux facettes latérales par une crête mousse, qui correspond à la gorge de la poulie humérale.

Radius : *Cupule* arrondie et horizontale, supportée par la tête radiale.

M. d'union. — Capsule lâche en avant et en arrière.

Deux *ligaments latéraux*, solides et épais, de forme triangulaire, descendant l'un de l'épicondyle sur le côté externe de la jointure, l'autre de l'épitrochlée sur les bords internes de l'épitrochlée et de l'olécrâne.

Mouv. — Flexion : Le radius et le cubitus glissent sur l'humérus, en tournant autour d'un axe transversal, qui passe par le centre du condyle et de la trochlée et qui est légèrement oblique en bas et en dedans ; il en résulte que dans la flexion complète la main vient s'appliquer contre le thorax. Le mouvement est limité par la rencontre de l'apophyse coronoïde avec la fossette coronoïdienne.

Extension : Elle est arrêtée, quand l'avant-bras est dans le prolongement du bras, par le contact de l'olécrâne avec le fond de la fossette olécrânienne ; en raison de l'obliquité de l'axe articulaire, l'avant-bras étendu fait avec le bras un angle obtus ouvert en dehors.

§ 4. — Articulations radio-cubitales

Elles unissent les deux os de l'avant-bras entre eux à leurs deux extrémités.

A. Articulation radio-cubitale supérieure. — C'est le type de la trochoïde.

Surf. art. — *Radius* : La surface articulaire est formée par la bordure verticale de la cupule ; ce pourtour est encroûté de cartilage, faisant suite à celui de la tête radiale.

Cubitus : *Petite cavité sigmoïde*, de forme semi-lunaire, située sur le côté externe de la grande, avec laquelle elle se continue.

Ligament annulaire : C'est une bande fibreuse, s'insérant aux bords antérieur et postérieur de la petite cavité sigmoïde, pour former avec elle un cylindre creux, qui étrangle le col du radius.

M. d'union. — Ce ligament est en même temps appareil de contention ; l'articulation est fermée tout autour par la capsule de la grande articulation du coude, qui s'insère sur ce ligament.

B. ARTICULATION RADIO-CUBITALE INFÉRIEURE. — Elle représente aussi le type trochoïde.

Surf. art. — *Radius* : Concavité creusée sur le côté interne de son épiphyse inférieure.

Cubitus : Facette convexe sur sa face externe.

M. d'union. Outre les ligaments, qui entourent la jointure, un *ligament interosseux* réunit les deux os ; il comble entièrement l'espace de même nom et s'insère sur le bord externe du cubitus et le bord interne du radius.

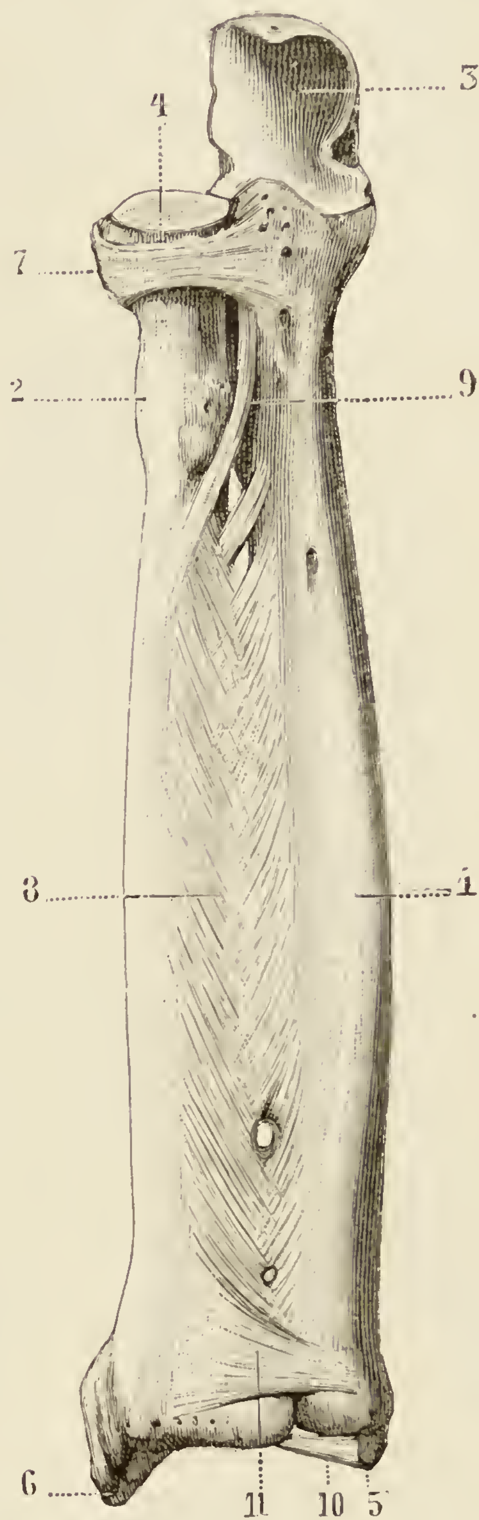


Fig. 72. — Articulations radio-cubitales, côté droit (Testut, *Anatomie humaine*).

1, cubitus. — 2, radius. — 3, olécrâne. — 4, cupule du radius. — 5, apophyse styloïde du cubitus. — 6, apophyse styloïde du radius. — 7, ligament annulaire. — 8, 9, ligament interosseux. — 10, 11, ligaments de l'articulation radio-cubitale inférieure.

Mouv. — Les deux articulations n'ont qu'un seul mouvement, la rotation, qui s'appelle *pronation*, quand la paume de la main se porte en arrière et en dedans, et *supination*, quand elle se porte en avant. Le radius tourne dans les deux articles autour du cubitus, qui reste fixe ; il le croise en avant dans la pronation et lui est parallèle dans la supination.

§ 5. — Articulation du poignet ou radio-carpienne

Elle réunit la main à l'avant-bras par l'intermédiaire de la rangée supérieure des os du carpe, s'articulant avec les extrémités inférieures du radius et du cubitus ; c'est une condylienne.

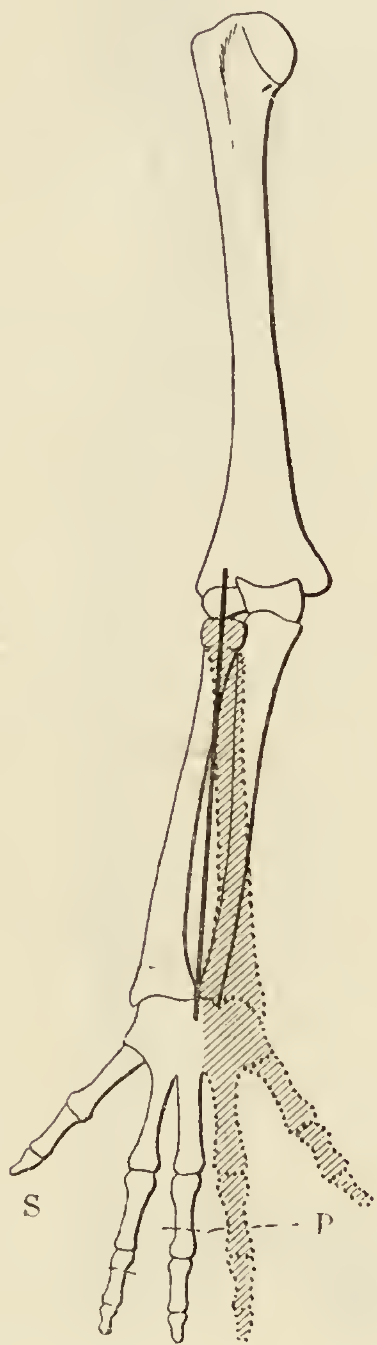


Fig. 73. — Mécanisme des mouvements de pronation et de supination (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

S, position du pouce et du radius en supination. — P, leur position en pronation.

Surf. art. — Cubitus et radius : Ils forment une surface concave à grand axe transversal et limitée latéralement par les apophyses styloïdes.

Carpe : Condyle convexe, allongé transversalement et formé de dehors en dedans par le scaphoïde, le semi-lunaire et le pyramidal encroûtés de cartilage.

M. d'union. — Capsule lâche en arrière et doublée par quatre ligaments ; de nombreux tendons renforcent l'article sur la face dorsale et la face palmaire.

Mouv. — Flexion et extension : Le condyle glisse sur la cavité, en tournant autour d'un axe transversal, qui passerait par le sommet des deux apophyses styloïdes.

Adduction et abduction : Le déplacement a lieu dans le sens transversal, le condyle se portant de dedans en dehors pour la première et en sens inverse pour la seconde.

Circumduction : Elle consiste dans l'exécution successive des quatre mouvements précédents.

§ 6. — Articulations de la main

A. Articulation du carpe. — Les os des deux rangées du carpe sont unis par des arthrodies avec glissement de peu d'étendue.

B. Articulations carpo-métacarpiennes. — Elles réunissent les

extrémités supérieures des cinq métacarpiens aux os de la deuxième rangée du carpe ; celle du pouce diffère de celles des quatre derniers doigts.

a. *Articulation carpo-métacarpienne du pouce.* — Elle se fait par emboîtement réciproque.

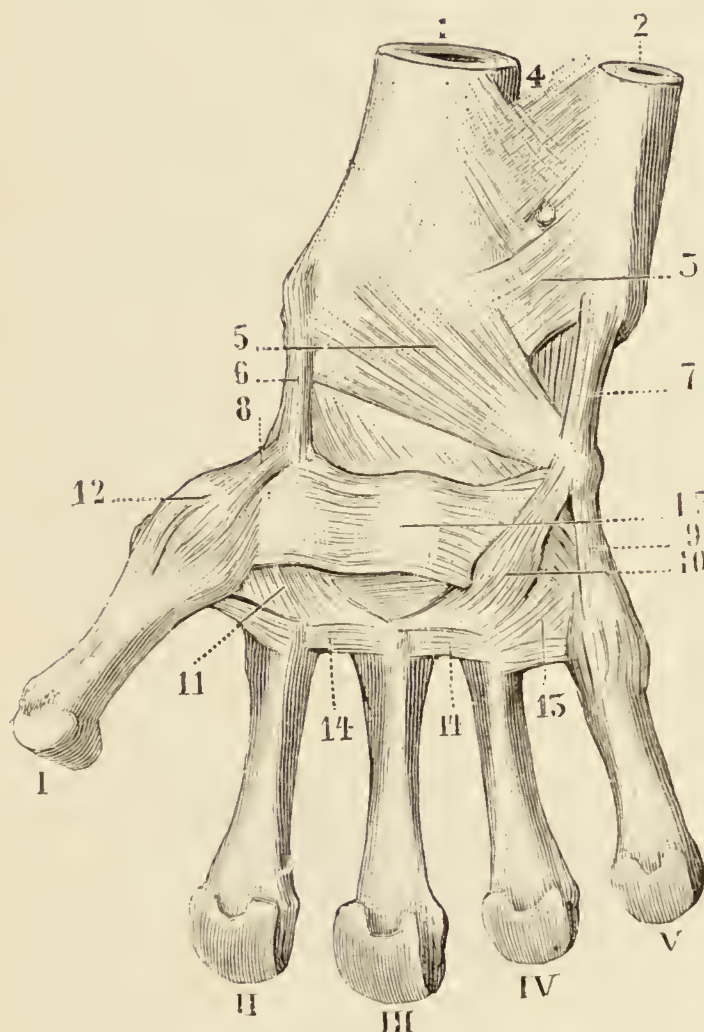


Fig. 74. — Articulations du poignet, du carpe et du métacarpe, côté droit, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

I à V, les cinq métacarpiens. — 1, radius. — 2, cubitus. — 3, ligament de l'articulation radio-cubitale inférieure. — 4, ligament interosseux. — 5, 6, 7, ligaments antérieurs et latéraux de l'articulation radio-carpienne. — 9, 10, 11, 13, 15, ligaments unissant les os du carpe entre eux. — 12, capsule de l'articulation carpo-métacarpienne du pouce. — 14, ligament unissant les métacarpiens.

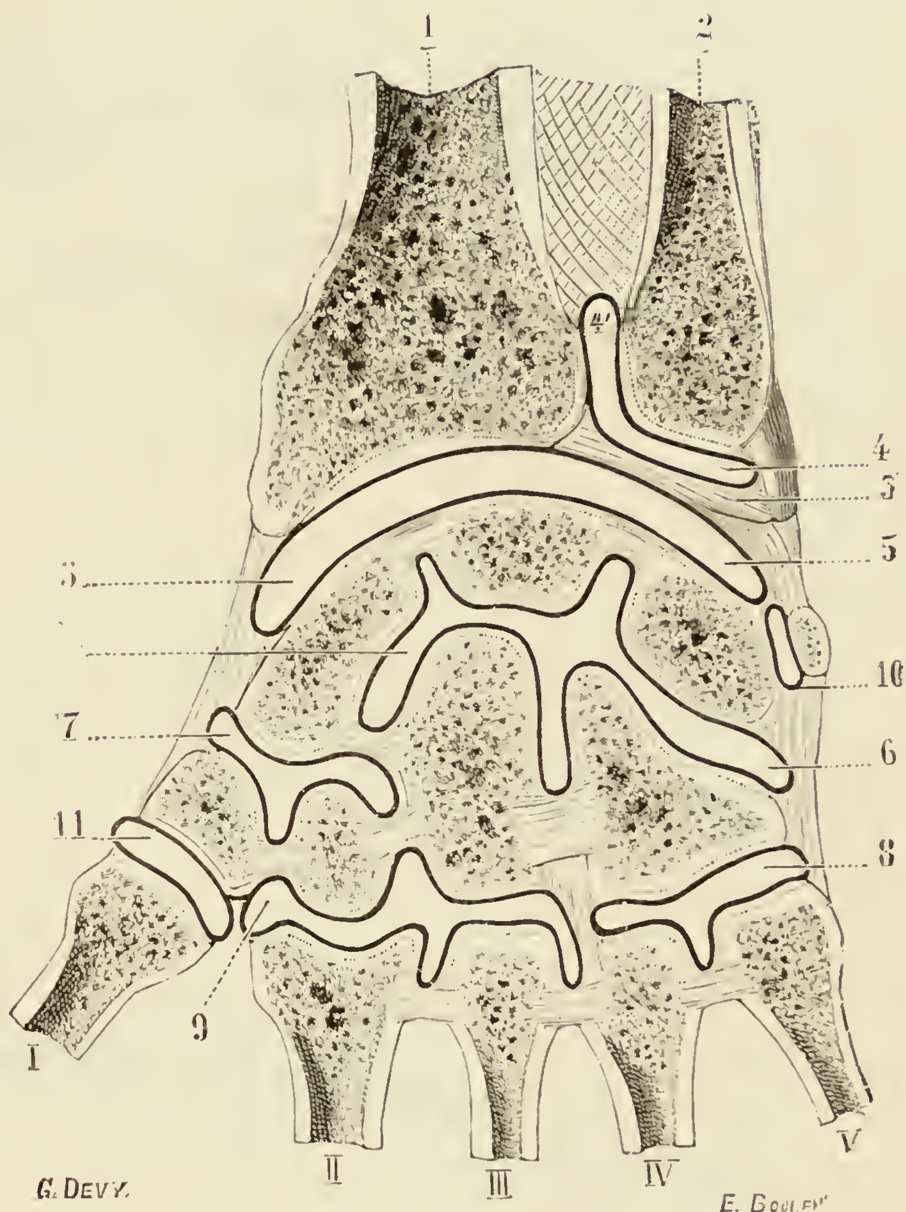


Fig. 75. — Coupe transversale du poignet droit (Testut, *Anatomie humaine*).

I à V, les cinq métacarpiens. — 1, radius. — 2, cubitus. — 4, 4', synoviale de l'articulation radio-cubitale inférieure. — 5, synoviale radio-carpienne. — 6, 7, synoviale entre les os du carpe. — 8, 9, synoviales carpo-métacarpiennes. — 11, synoviale de l'articulation carpo-métacarpienne du pouce.

Surf. art. — *Trapèze* : Facette concave dans le sens transversal, convexe dans le sens antéro-postérieur.

Premier Métacarpien : Facette de conformation inverse.

M. d'union. — Capsule ample et favorable à la grande mobilité du pouce.

Mouv. — Flexion et extension.

Adduction et abduction, le rapprochant et l'éloignant du deuxième métacarpien.

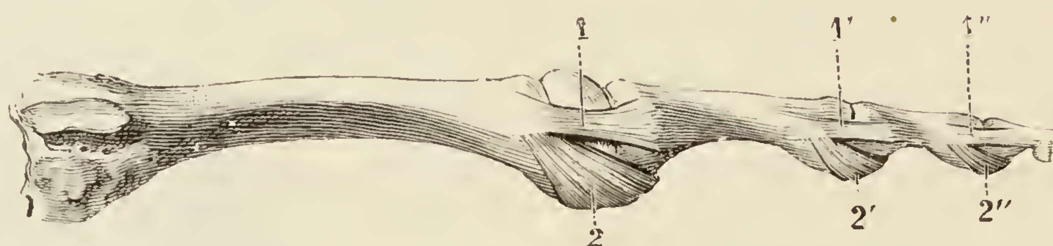


Fig. 76. — Articulations des phalanges (Testut, *Anatomie humaine*).
1, articulation métacarpo-phalangienne d'un doigt.— 1'. articulation entre la première et la deuxième phalange. — 1'', articulation entre la deuxième et la troisième phalange.

Circumduction par succession des quatre mouvements précédents.

Opposition : Elle résulte de la flexion combinée à l'adduction et permet à la pulpe du pouce d'entrer en contact avec celle des quatre autres doigts : *ce mouvement est caractéristique de la main humaine.*

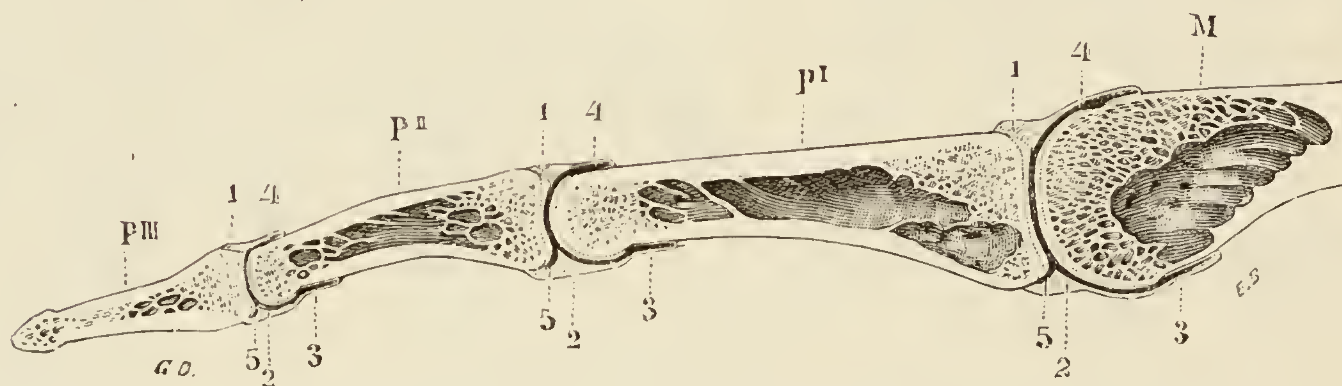


Fig. 77. — Coupe verticale d'un doigt (Testut, *Anatomie humaine*).
M, métacarpiens. — PI à PIII, phalanges. — 1, capsule articulaire. — 3, 4, 5, synoviale.

b. *Articulation carpo-métacarpienne des quatre derniers doigts.* Ce sont des arthrodies, permettant un glissement peu étendu.

C. Articulations métacarpo-phalangiennes. — Ce sont des condyliennes unissant les doigts aux métacarpiens.

Surf. art. — *Métacarpiens* : *Tête* allongée d'avant en arrière et s'étendant plus du côté palmaire que du côté dorsal.

Phalanges : Petite *cavité glénoïde.*

Mouv. — Flexion et extension : Elles se font autour d'un axe

transversal passant par la tête articulaire ; la première est très étendue, la seconde s'arrête quand le doigt est arrivé dans le prolongement du métacarpien.

Adduction et abduction : Elles rapprochent ou éloignent les doigts de l'axe de la main, passant par le médius.

D. Articulations interphalangiennes. — Elles unissent la première phalange à la deuxième et celle-ci à la troisième ; chaque doigt a deux articulations, sauf le pouce, qui n'en a qu'une. Ce sont de petites trochlées, jouissant de la flexion et de l'extension : le premier mouvement est arrêté par la rencontre des faces antérieures des phalanges et il est beaucoup plus étendu que le second, qui ne dépasse par la ligne droite.

CHAPITRE V

ARTICULATIONS DU MEMBRE INFÉRIEUR

§ 1. — Articulations du bassin

Les os coxaux s'articulent en avant entre eux par la symphyse pubienne, douée seulement d'un léger glissement, et en arrière

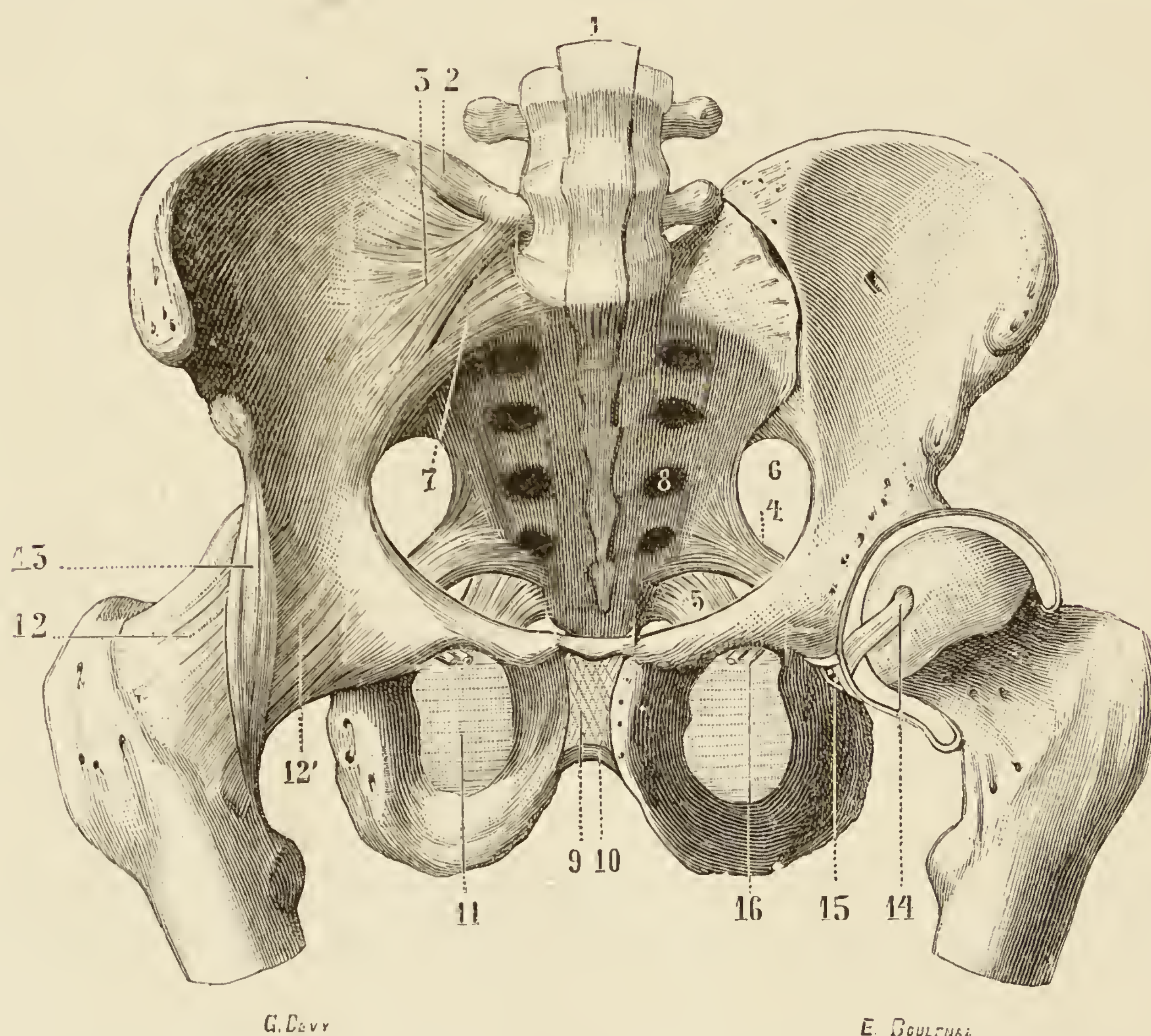


Fig. 78. — Articulations du bassin et de la hanche, vue antérieure (Testut. *Anatomie humaine*).

1, ligament vertébral commun antérieur. — 2, 3, 7, ligaments entourant l'articulation du sacrum avec l'os iliaque. — 4, 5, ligaments unissant le sacrum au bassin. — 9, 10, symphyse pubienne. — 12, 12', capsule articulaire de la hanche. — 13, ligament de Bertin. — 14, ligament rond.

avec le sacrum par une amphiarthrose à peu près immobile, qui est entourée de nombreux ligaments très solides et très résistants.

§ 2. — Articulation de la hanche ou coxo-fémorale

Elle représente une énarthrose, réunissant la cuisse au bassin par l'intermédiaire du fémur, qui s'articule avec l'os iliaque.

Surf. art. — *Fémur* : *Tête* arrondie représentant les deux tiers d'une sphère de 5 centimètres de diamètre et tournée obliquement

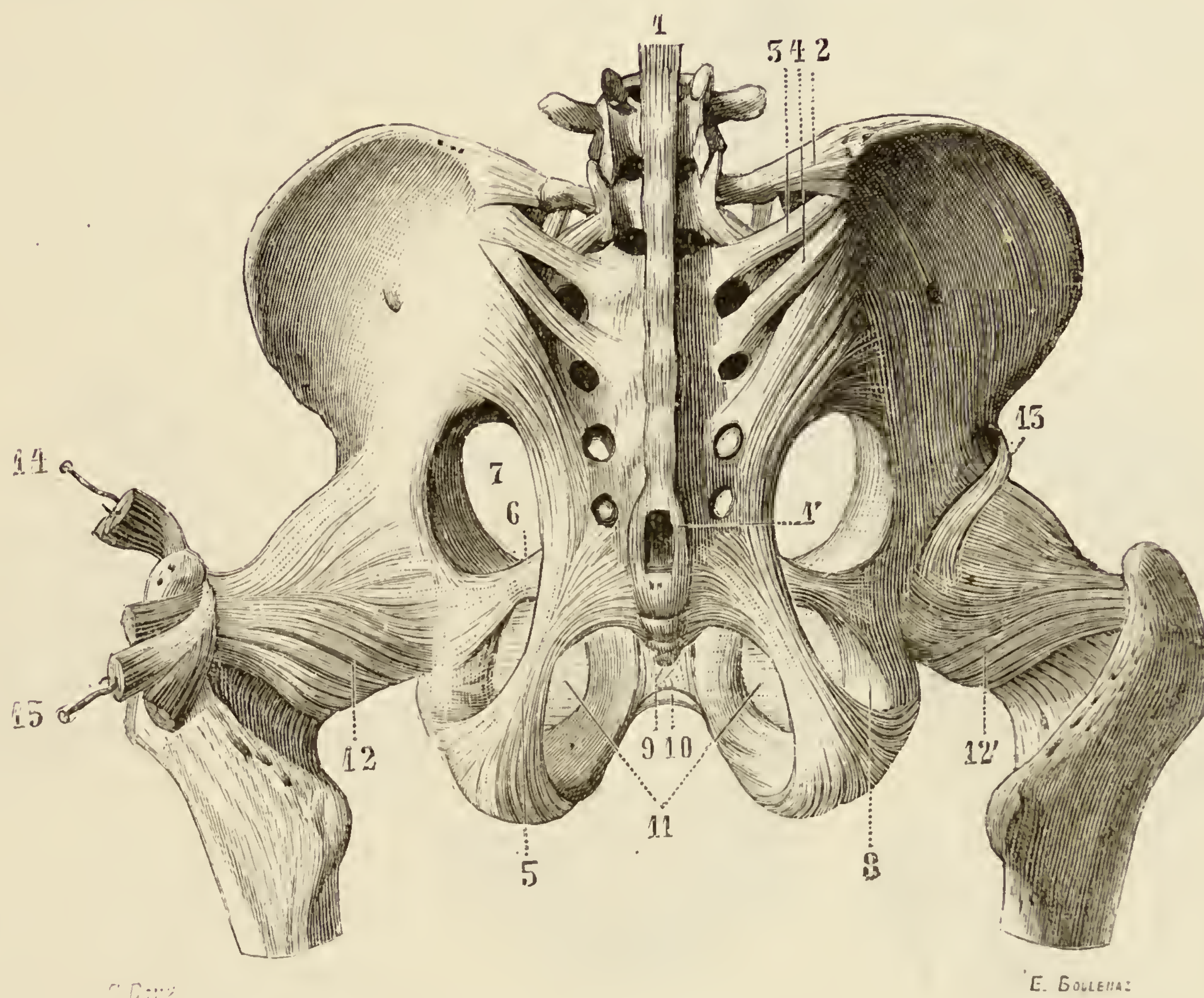


Fig. 79. — Articulations du bassin et de la hanche, vue postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, ligament surépineux. — 2 à 6, ligaments unissant le sacrum à l'os iliaque. — 7, 8, grande et petite échancrure sciatique. — 9, 10, symphyse pubienne. — 12, 12', capsule articulaire de la hanche.

en haut et en dedans ; son axe fait avec celui du fémur un angle de 130° ouvert en dedans. A l'état frais, elle est recouverte d'un cartilage plus épais au centre qu'à la périphérie et représente à son pôle une dépression rugueuse.

Os iliaque : *Cavité cotyloïde* représentant un centre rugueux, entouré d'une partie cartilagineuse en forme de fer à cheval.

Bourrelet cotyloïdien : Il s'insère sur les bords de la cavité qu'il augmente.

M. d'union. — *Capsule* : Très épaisse, elle s'insère en haut au pourtour de la cavité cotyloïde et en bas sur le col du fémur.

Elle est doublée par plusieurs faisceaux de renforcement, dont le principal est dénommé *ligament de Bertin* : il s'attache en haut à l'épine iliaque antéro-inférieure, contourne la tête fémorale en avant et s'insère en bas sur le petit trochanter.

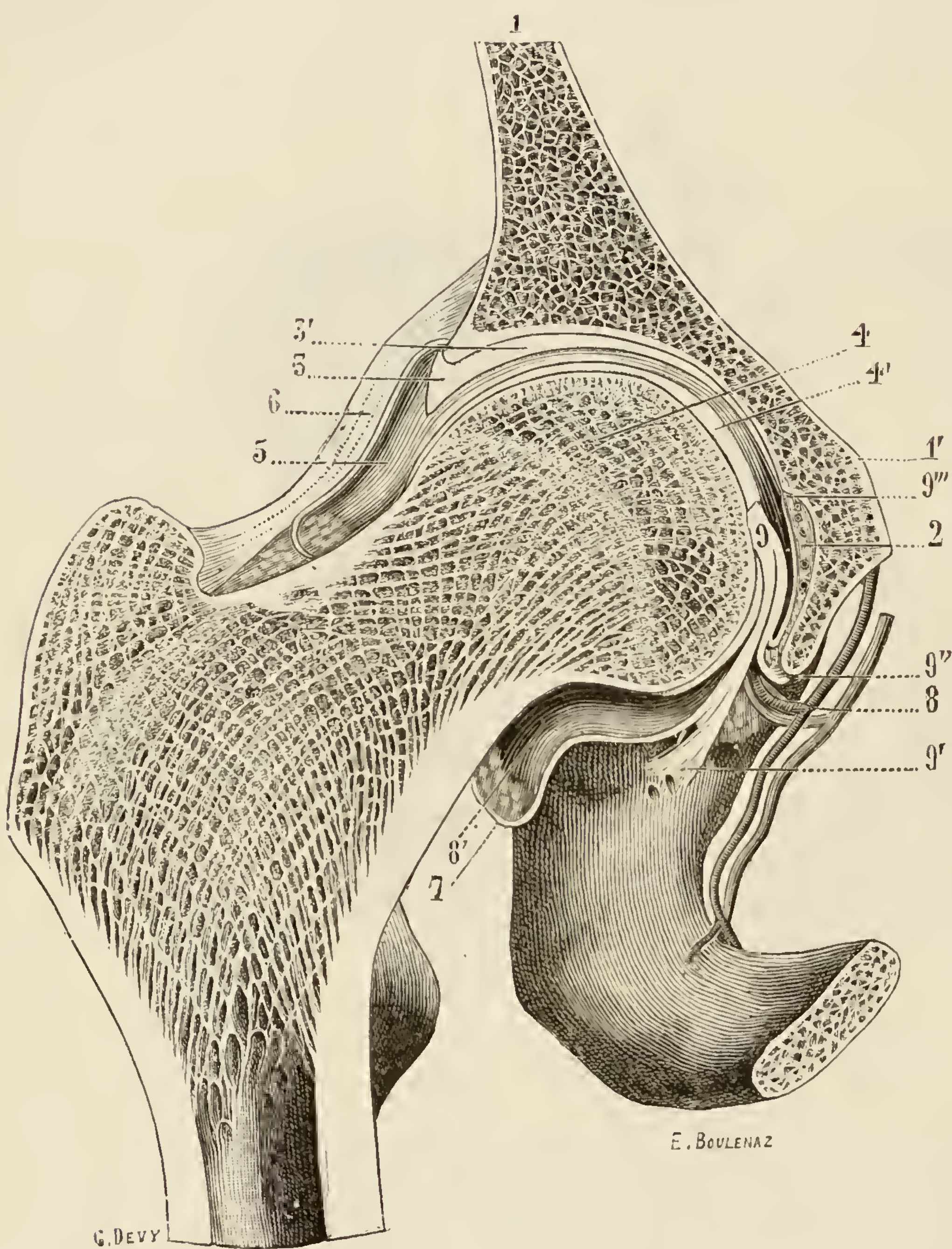


Fig. 80. — Coupe verticale et transversale de l'articulation coxo-fémorale (Testut, *Anatomie humaine*).

1, os iliaque. — 2, cavité cotyloïde. — 3, bourrelet cotyloïdien. — 3', cartilage articulaire. — 4, tête fémorale. — 4', son cartilage. — 5, 8', synoviale. — 6, 7, parties supérieure et inférieure de la capsule. — 9, 9', 9'', 9''', insertions du ligament rond.

Ligament rond : Il est intra-articulaire et va de la dépression de la tête fémorale au centre rugueux de la cavité cotyloïde.

Mouv. — Flexion et extension : Elles se font autour d'un axe transversal, qui passerait par le ligament rond ; dans la première la cuisse se rapproche de la paroi abdominale, dans la seconde elle s'en éloigne.

Adduction et abduction : Le fémur tourne autour d'un axe antéro-postérieur, passant par le centre de sa tête ; l'une amène la cuisse vers la ligne médiane, l'autre l'en écarte.

Circumduction : Elle consiste dans l'exécution successive des quatre mouvements précédents.

Rotation : Elle se fait en dehors ou en dedans, selon que la pointe du pied s'éloigne ou se rapproche de l'axe du corps.

§ 3. — Articulation du genou ou fémoro-tibiale

Articulation composée, à la fois trochléenne et condylienne, elle réunit la jambe à la cuisse et comprend trois os, le fémur, le tibia et la rotule.

Surf. art. — *Fémur* : Son épiphyse inférieure présente en avant une poulie, la *trochlée fémorale*, avec une gorge antéro-postérieure

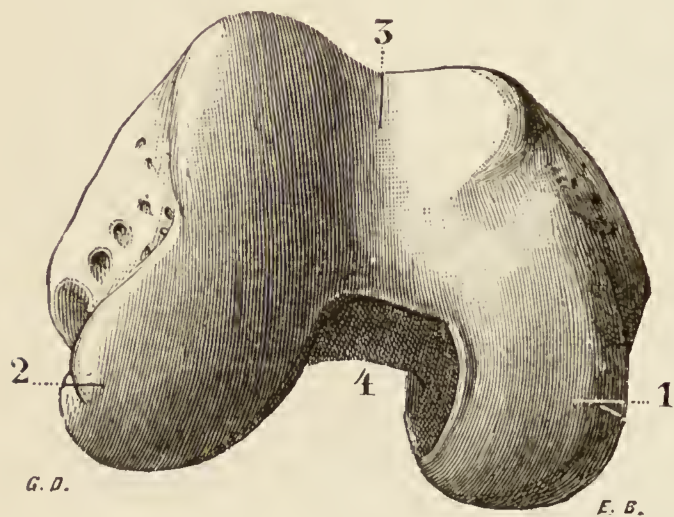


Fig. 81. — Surfaces articulaires du fémur droit à son extrémité inférieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, condyle interne. — 2, condyle externe. — 3, gorge de la trochlée fémorale. — 4, échancrure intercondylienne.

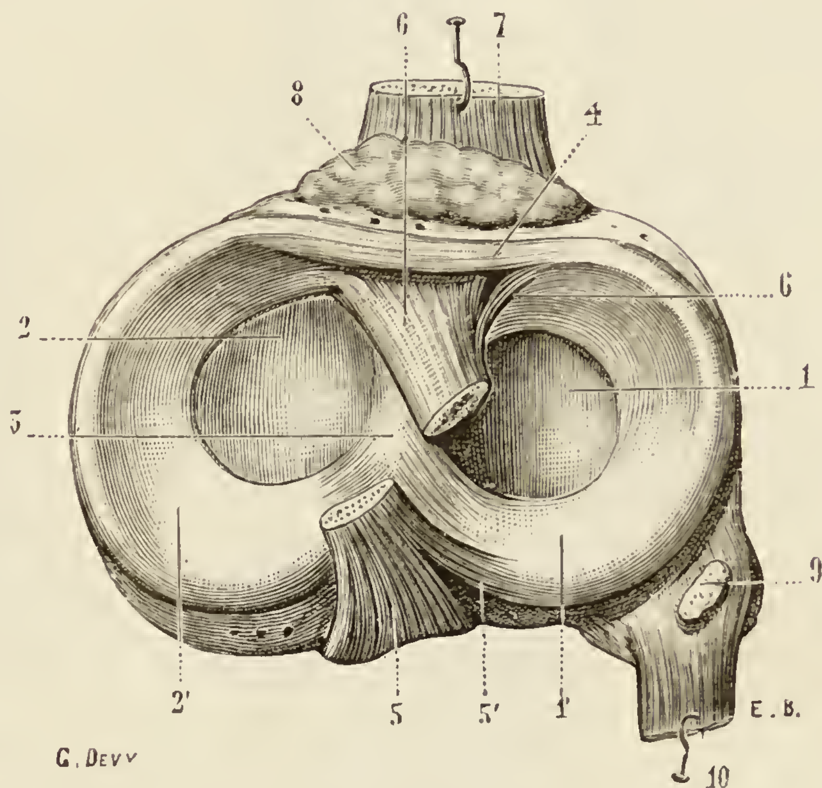


Fig. 82. — Surfaces articulaires du tibia droit à son extremité supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, cavité glénoïde externe. — 2, cavité glénoïde interne. — 1', 2', cartilages semi-lunaires. — 3, épine du tibia. — 5, ligament croisé postérieur. — 6, ligament croisé antérieur. — 7, ligament rotulien.

et deux facettes latérales, et en bas deux saillies, les *condyles*, l'un *externe*, l'autre *interne*, séparés par l'*échancrure intercondylienne*, qui fait suite à la gorge de la poulie ; trochlée et condyles sont pourvus d'une couche continue de cartilage.

Tibia : Le plateau supérieur supporte deux *cavités glénoïdes*, séparées par l'*épine du tibia*.

Cartilages semi-lunaires : On appelle ainsi deux ménisques, garnisant le pourtour des cavités glénoïdes, dont ils augmentent la concavité.

Rotule : Sa face postérieure présente une saillie

mousse, qui s'emboîte dans la gorge de la poulie fémorale, et deux facettes latérales pour les joues de cette dernière.

M. d'union. — *Ligament rotulien* : Il est représenté par une large bande fibreuse, descendant du sommet de la rotule à la tubérosité antérieure du tibia.

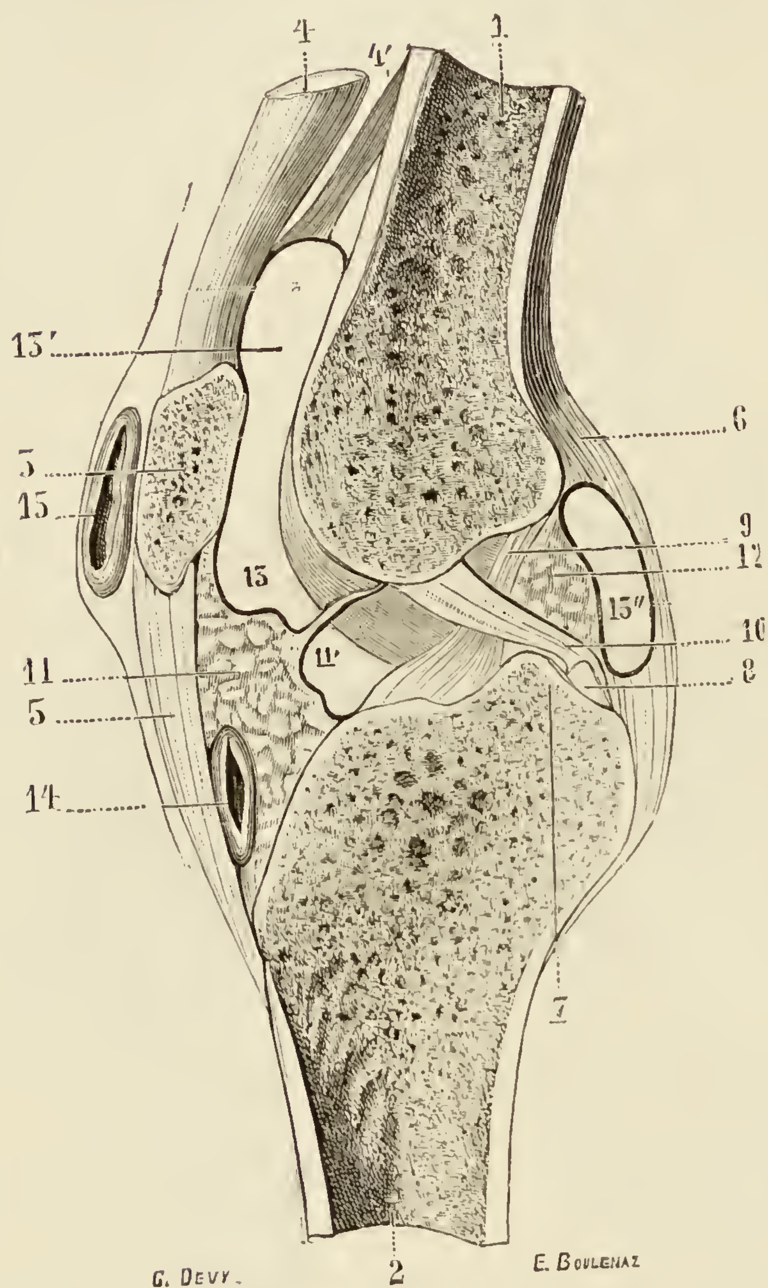


Fig. 83. — Coupe verticale et antéro-postérieure du genou (Testut. *Anatomie humaine*).

1, fémur. — 2, tibia. — 3, rotule. — 4, tendon rotulien. — 5, ligament rotulien. — 6, capsule. — 7, 8, épine du tibia. — 9, ligament croisé antérieur. — 10, ligament croisé postérieur. — 13, 13', 13'', synoviale.

Ligaments latéraux : L'*interne* va du condyle interne au tibia, l'*externe* s'insère sur le condyle externe et le péroné.

Ligaments croisés : Ce sont deux ligaments intra-articulaires, allant de l'épine du tibia à l'échancrure intercondylienne.

Mouv. — Flexion et extension : Elles s'effectuent autour d'un axe transversal passant par les condyles fémoraux; le tibia, accompagné de la rotule, glisse autour du fémur fixe ou inversement. Le condyle interne descendant plus bas que l'externe, l'axe de la jambe fait dans l'extension avec celui de la cuisse un angle ouvert en dehors et la flexion rapproche le talon du plan médian du corps. Cette dernière n'est arrêtée que par le contact de la jambe avec la cuisse en arrière, tandis que l'extension est limitée à la ligne droite par la tension des ligaments croisés.

§ 4. — Articulations péronéo-tibiales

Elles constituent des arthrodies à peu près immobiles, qui unissent les deux os de la jambe à leurs deux extrémités ; le tibia

et le péroné donnent en outre insertion sur toute leur hauteur à un *ligament interosseux*, qui comble l'intervalle entre les deux os.

§ 5. — Articulation du cou-de-pied ou tibio-tarsienne

Articulation trochléenne, réunissant le pied à la jambe, elle est formée par trois os, le tibia et le péroné d'une part, l'astragale de l'autre.

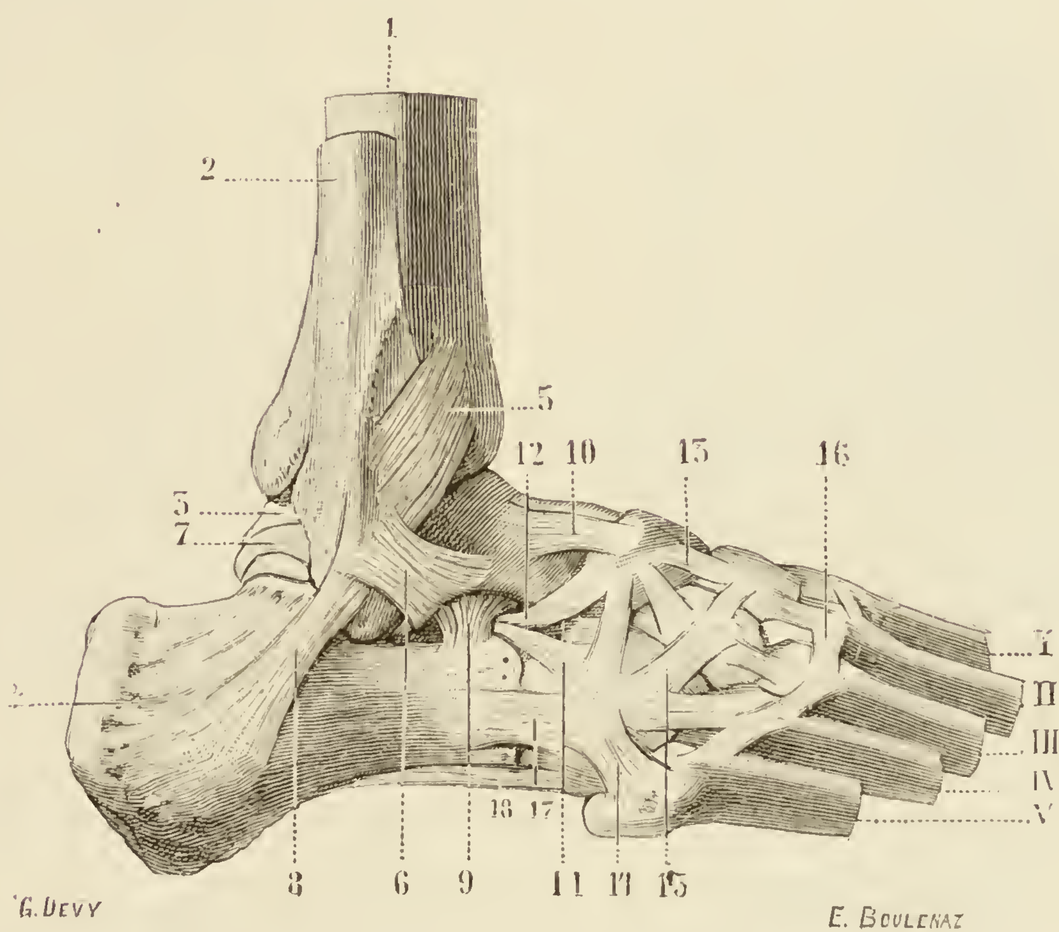


Fig. 84. — Articulations du cou-de-pied et du tarse, vues du côté externe (Testut, *Anatomie humaine*).

I à V, métatarsiens. — 1, tibia. — 2, péroné. — 3, astragale. — 4, calcanéum. — 5, articulation péronéo-tibiale inférieure. — 6, 7, 8, ligament latéral externe de l'articulation tibio-tarsienne. — 9 à 18, ligaments unissant les os du tarse entre eux et aux métatarsiens.

Surf. art. — *Tibia et péroné* : Solidement unis, ils réalisent une mortaise, dont la paroi supérieure est constituée par le tibia et les parois latérales par les malléoles ; la première présente une crête mousse antéro-postérieure, et deux facettes concaves, les malléoles sont pourvues de deux facettes verticales.

Astragale : *Poulie* convexe dans le sens antéro-postérieur, avec deux facettes verticales sur les côtés ; la poulie s'articule avec la paroi supérieure de la mortaise, les deux facettes avec les deux malléoles.

M. d'union. — *Ligaments latéraux :* L'*interne* va du sommet de la malléole interne à la face interne des os du tarse, l'*externe* descend de la malléole externe sur l'astragale.

Mouv. — Flexion et extension : les mouvements s'effectuent autour d'un axe transversal passant par les sommets malléolaires : la première rapproche le dos du pied de la jambe et est arrêtée par la rencontre de l'astragale avec le rebord du plateau tibial.

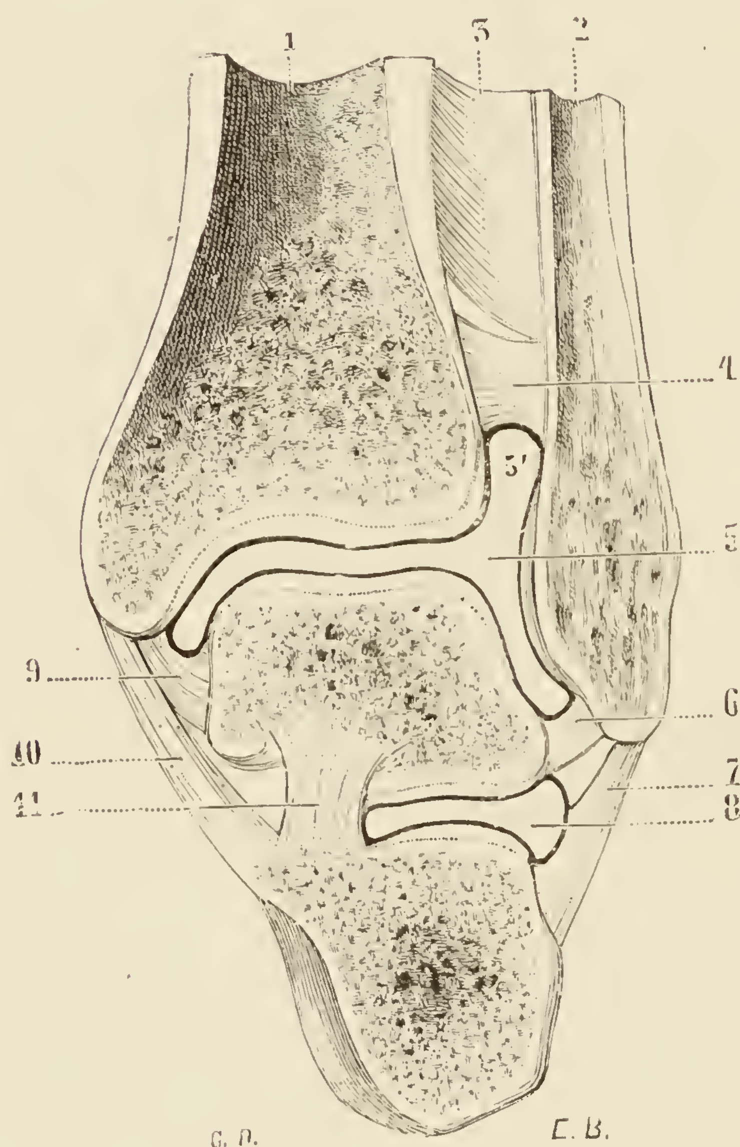


Fig. 85. — Coupe verticale et transversale de l'articulation tibio-tarsienne droite (Testut, *Anatomie humaine*).

1, tibia. — 2, péroné. — 3, ligament interosseux de la jambe. — 4, ligament de l'articulation péronéo-tibiale inférieure. — 5, 5', synoviale commune à cette articulation et à la tibio-tarsienne. — 6, 7, ligament latéral externe. — 9, 10, ligament latéral interne. — 8, articulation entre l'astragale et le calcanéum.

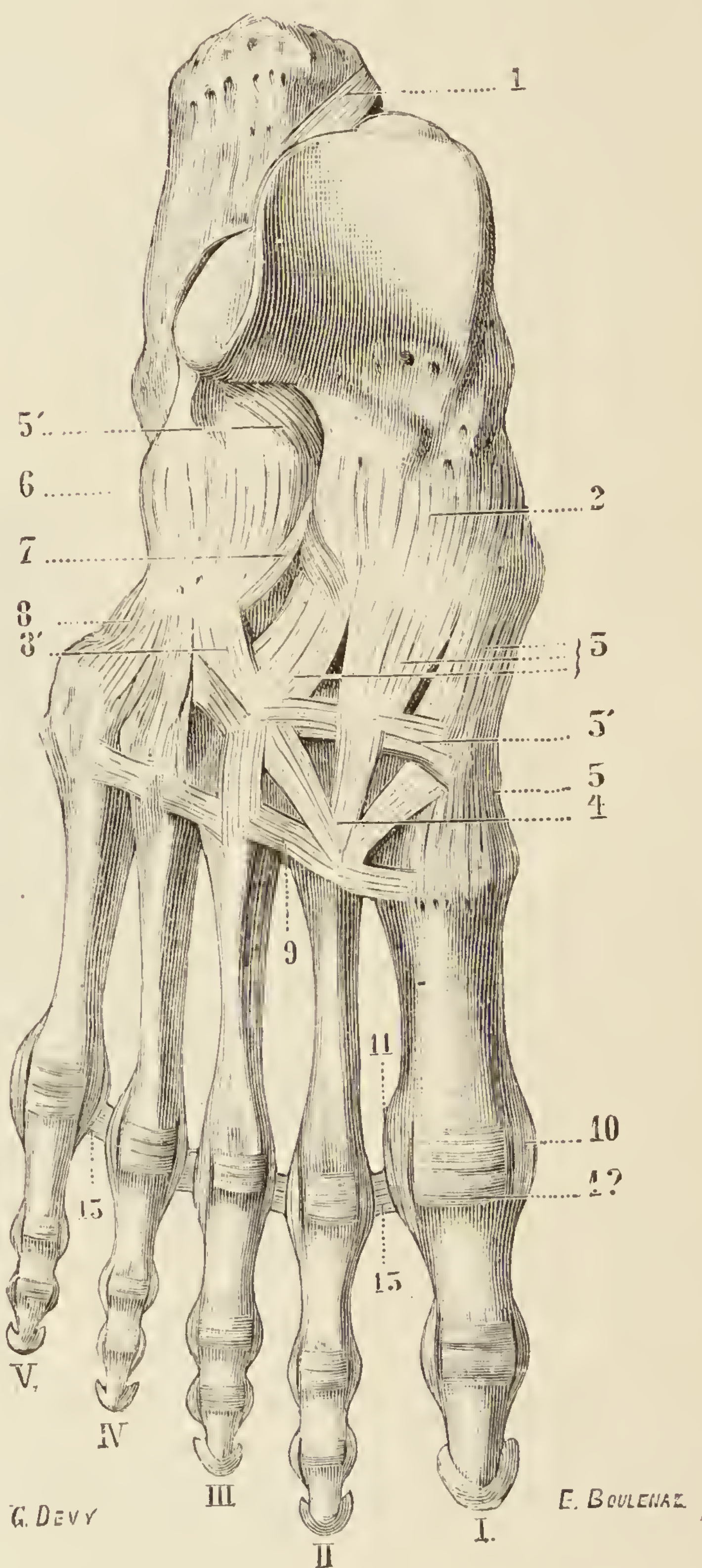


Fig. 86. — Articulations du pied droit, vue dorsale (Testut, *Anatomie humaine*).

I à V, orteils. — 2, articulation entre l'astragale et le scaphoïde. — 3, ligaments entre le scaphoïde et les trois cunéiformes. — 4, 5, ligaments entre les cunéiformes et les deux premiers métatarsiens. — 6, articulation du calcanéum et du cuboïde. — 8, 8', ligaments entre les cuboïdes et les trois derniers métatarsiens. — 9, 13, ligaments unissant les metatarsiens en arrière et en avant. — 10, 11, 12, articulation du gros orteil avec le premier métatarsien.

Adduction et abduction : Elles portent la pointe du pied alternativement en dedans et en dehors.

Rotation : En se faisant en dedans, elle élève le bord interne du pied ; en dehors, elle élève au contraire le bord externe.

§ 6. — Articulations du pied

A. Articulations du tarse. — Les os du tarse sont unis entre eux par des articulations peu mobiles, qui contribuent à augmen-

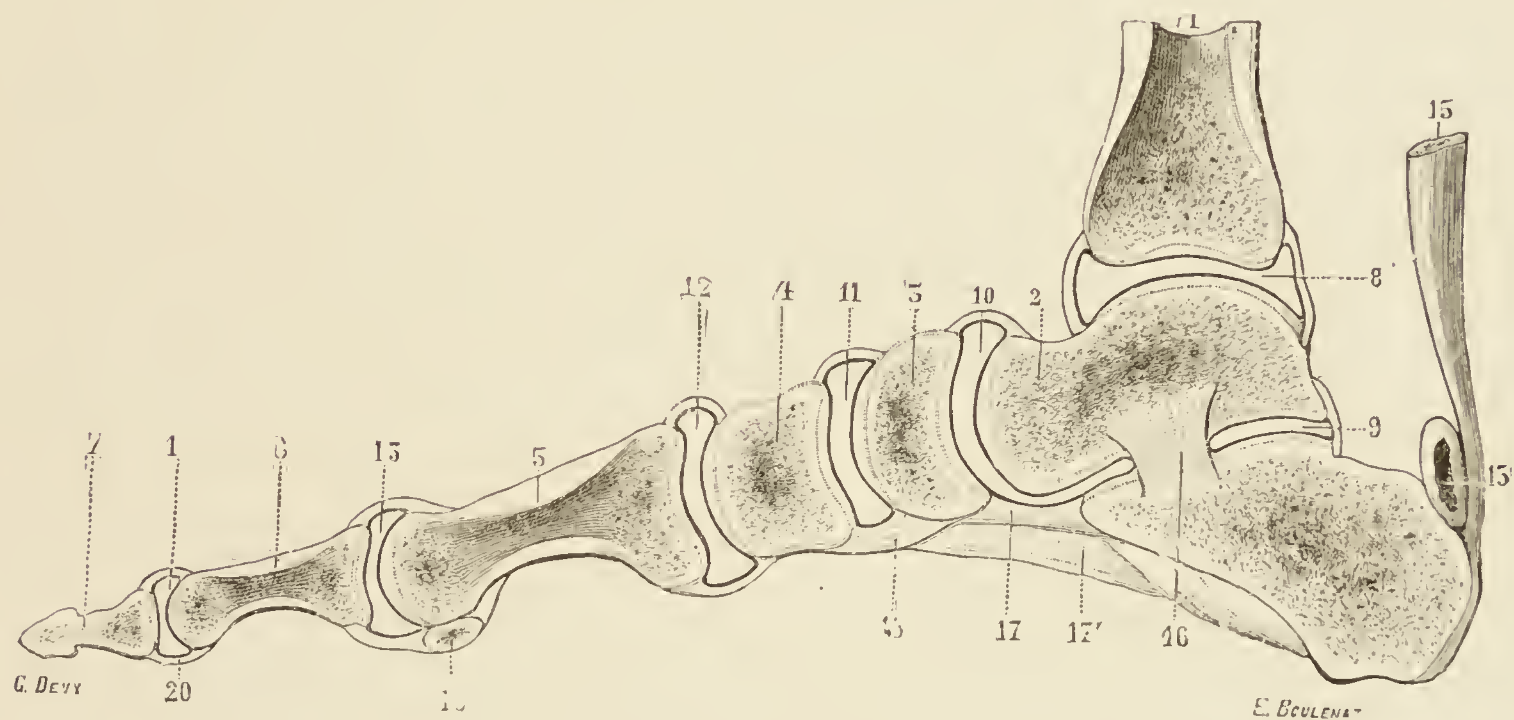


Fig. 87. — Coupe verticale et antéro-postérieure du pied (Testut. *Anatomie humaine*).

1, tibia. — 2, astragale. — 3, scaphoïde. — 4, premier cunéiforme. — 5, premier métatarsien. — 6, 7, phalanges du gros orteil. — 8, synoviale tibio-tarsienne. — 9, articulation entre l'astragale et le calcanéum. — 10, articulation entre l'astragale et le scaphoïde. — 11, articulation entre le scaphoïde et le cunéiforme. — 12, synoviale tarso-métatarsienne. — 13, synoviale métatarso-phalangienne. — 14, synoviale interphalangienne. — 15, tendon d'Achille. — 17, 17', 18, puissants ligaments maintenant la voûte plantaire.

ter l'étendue des mouvements précités du pied ; sous la plante, ces os sont unis par de puissants ligaments, destinés à maintenir la voûte plantaire.

B. Articulations tarso-métatarsiennes. — Ce sont des arthrodies, rattachant les cinq métatarsiens aux os de la deuxième rangée du tarse.

C. Articulations métatarso-phalangiennes. — Elles sont analogues aux jointures métacarpo-phalangiennes et présentent les mêmes mouvements, mais beaucoup moins étendus.

D. Articulations interphalangiennes. — Du type trochléen, elles unissent les phalanges des orteils et sont identiques à celles des doigts ; de même qu'à la main, les quatre derniers orteils ont deux jointures et le gros orteil en possède une seule. Leurs mouvements sont rudimentaires et le gros orteil n'a pas l'indépendance de mouvement dont est doué le pouce.

III

MUSCLES

Les muscles constituent les masses rouges et charnues, qui entourent les différentes parties du squelette et entrent dans la structure de certains organes ; ils sont doués d'une propriété spéciale, la *contractilité*, qui engendre le mouvement.

On en compte environ 500, répartis comme suit dans les différentes régions du corps :

Tête	63
Tronc	190
Membre supérieur	98
Membre inférieur	104
Appareils de la vie organique	46

Étudions les *caractères généraux* des muscles avant d'aborder leur *description particulière*.



CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DU MUSCLE

Aux considérations sur la *classification des muscles*, sur leur *conformation extérieure*, leur *structure*, leur *composition chimique* et leurs *propriétés*, s'annexera, comme complément indispensable, l'étude de la *contraction*, du *travail musculaire*, de la *mécanique musculaire* et du *mouvement*.

§ 1. — Classification

Les muscles se divisent en deux groupes profondément différents, les *muscles striés* et les *muscles lisses*.

A. Muscles striés. — Ils se caractérisent par leur structure, sur laquelle nous reviendrons, et par la double particularité de leur contraction, qui est brusque et soumise à la volonté ; d'après leur situation, on les subdivise de la façon suivante :

a. *Muscles superficiels ou peauciers*. — Ils s'attachent par une de leurs extrémités à la peau ; on les rencontre surtout à la face, où ils contribuent au jeu de la physionomie.

b. *Muscles profonds*. — Ils prennent insertion sur le squelette, dont ils font mouvoir les différents segments les uns sur les autres ; ce sont les agents actifs de la locomotion.

B. Muscles lisses. — Ils diffèrent des précédents par leur structure et par leur contraction, qui est lente et involontaire : ils

entrent dans la constitution des parois du tube digestif et des artères.

A cette classification fait exception le *muscle cardiaque*, qui est strié, mais indépendant de la volonté.

§ 2. — Conformation extérieure

A. Forme générale. — Au point de vue de leur forme, on peut les classer en quatre groupes.

a. *Muscles longs*. — Ils sont fusiformes et se rencontrent surtout aux membres.

b. *Muscles larges*. — Minces mais étendus en surface, ils sont triangulaires, quadrangulaires, rubanés, etc. ; tels sont le diaphragme, les muscles de la paroi abdominale.

c. *Muscles courts*. — Ils sont de petite dimension ; on en trouve dans la paume de la main.

d. *Muscles orbiculaires* ou *sphincters*. — On les trouve disposés autour des orifices sous forme d'anneaux, par exemple dans les lèvres, les paupières.

B. Direction. — La plupart sont *rectilignes* et parallèles à l'axe du corps ou des membres ; certains ont une direction *oblique* et même *transversale* : la paroi abdominale est formée par deux muscles obliques et un muscle transverse ; d'autres sont *réfléchis*, c'est-à-dire subissent un changement de direction, comme le long péronier latéral, dont le tendon vient de la jambe et se réfléchit sur le bord externe du pied, pour traverser la plante et s'insérer sur le bord interne de celle-ci.

C. Parties composantes. — Tout muscle présente une partie essentielle, le *ventre*, et des extrémités ou *chefs*, auxquelles se fixent les *tendons*, qui s'arrêtent à des *points d'insertion*.

a. *Ventre.* — C'est la portion médiane, libre, charnue et active ; elle est formée de tissu musculaire.

b. *Tendons.* — Cordons fibreux analogues aux ligaments articulaires, ils font suite à l'une ou aux deux extrémités du ventre ; ils sont variables de forme et de longueur ; il y en a un ou plusieurs pour chaque muscle. Le tendon continue directement le tissu musculaire ou celui-ci s'insère obliquement sur lui à la manière des barbes d'une plume.



Fig. 88. — Parties composantes d'un muscle.
1, ventre. — 2, 3, tendons. — 4. insertion fixe. — 5. insertion mobile.

c. *Points d'insertion.* — On appelle ainsi les points d'attache du muscle ou de ses tendons à la peau, aux organes et le plus souvent au squelette ; ils sont au nombre de deux au moins, constituant l'un l'*insertion fixe*, l'autre l'*insertion mobile*. Un muscle peut en avoir plusieurs : le biceps et le triceps ont, l'un deux et l'autre trois chefs à leur extrémité supérieure et autant de points d'attache fixes ; les fléchisseurs des doigts ont quatre tendons terminaux et autant de points d'insertion mobiles.

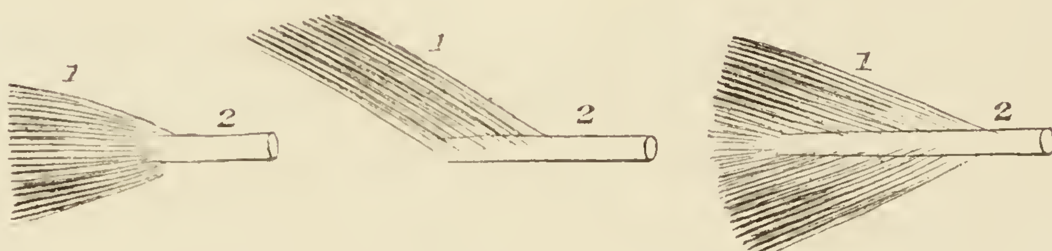


Fig. 89. — Représentation schématique des principaux modes d'insertion du tissu musculaire sur le tendon.
1, tissu musculaire. — 2, tendon.

D. Parties accessoires. — Ce sont les *aponévroses*, les *gaines* et les *synoviales tendineuses*, destinées à maintenir les muscles et à faciliter le glissement de leurs tendons.

a. *Aponévroses.* — Elles sont formées par des membranes

fibreuses, enveloppant les muscles et s'opposant à leur déplacement pendant la contraction. Aux membres, elles constituent des manchons, qui se fixent en haut et en bas aux saillies osseuses ; de leur face profonde naissent souvent des prolongements, les *cloisons intermusculaires*, qui s'insèrent sur toute la hauteur de l'os et subdivisent la grande gaine en loges secondaires pour les divers groupes musculaires. C'est ainsi que, sur une coupe transversale du bras, on voit les muscles disposés en une région antérieure et une région postérieure.

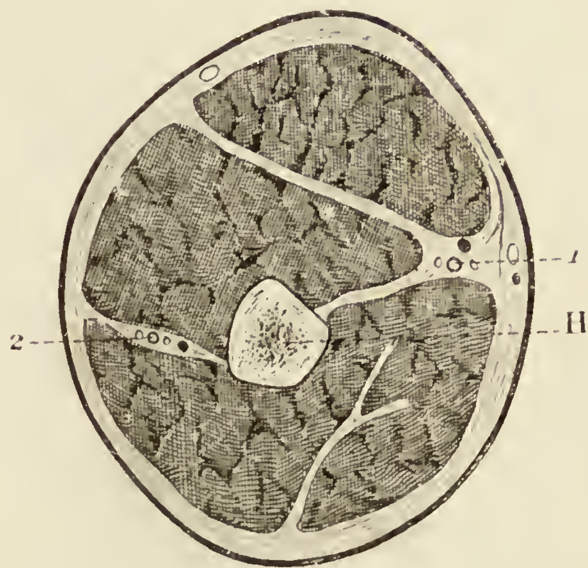


Fig. 90. — Coupe transversale du bras montrant l'aponévrose d'enveloppe et les cloisons intermusculaires (Chalot. *Médecine opératoire*).

H, coupe de l'humérus. — 1. cloison aponévrotique interne. et 2. cloison aponévrotique externe, délimitant une loge musculaire antérieure et une loge musculaire postérieure.

b. *Gaines et synoviales tendineuses.* — Des arcades fibreuses se fixent aux bords des gouttières osseuses, qui logent les tendons, et les transforment en tunnels, dans lesquels glissent ces tendons, mais qui les maintiennent en même temps solidement. L'intérieur de ces gaines est doublé par une membrane synoviale, analogue à celle des articulations ; elle se présente sous la forme d'un manchon, dont l'étoffe garnirait la paroi de la gaine, tandis que la doublure s'insérerait sur le tendon ; entre l'étoffe et la doublure existe un espace hermétiquement clos et rempli de synovie. Cette disposition supprime le frottement direct du tendon dans la gaine ostéo-fibreuse : lorsqu'il se déplace, les deux feuillets du double sac synovial glissent l'un sur l'autre.

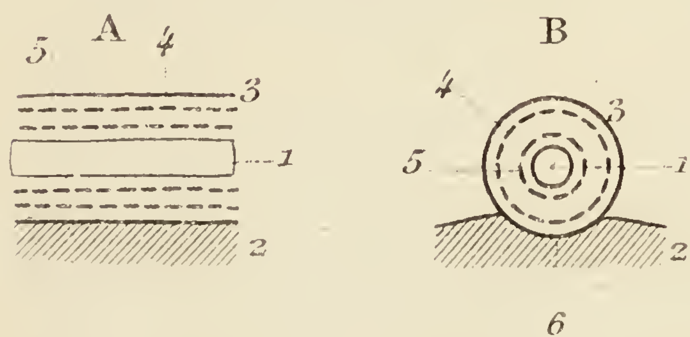


Fig. 91. — Gaines et synoviales tendineuses (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

A, tendon dans le sens de la longueur. — B, tendon vu en coupe transversale. — 1, tendon. — 2, os. 3. gaine. — 4, feuillet pariétal, et 5, feuillet viscéral de la synoviale. — 6, gouttière osseuse dans laquelle glisse le tendon.

La gaine synoviale et tendineuse la plus remarquable est celle qui englobe les tendons fléchisseurs à la face antérieure du poi-

gnet; elle se prolonge en avant jusque sur les doigts. C'est elle, qu'est destiné à renforcer le traditionnel bracelet en cuir, que portent les lutteurs.

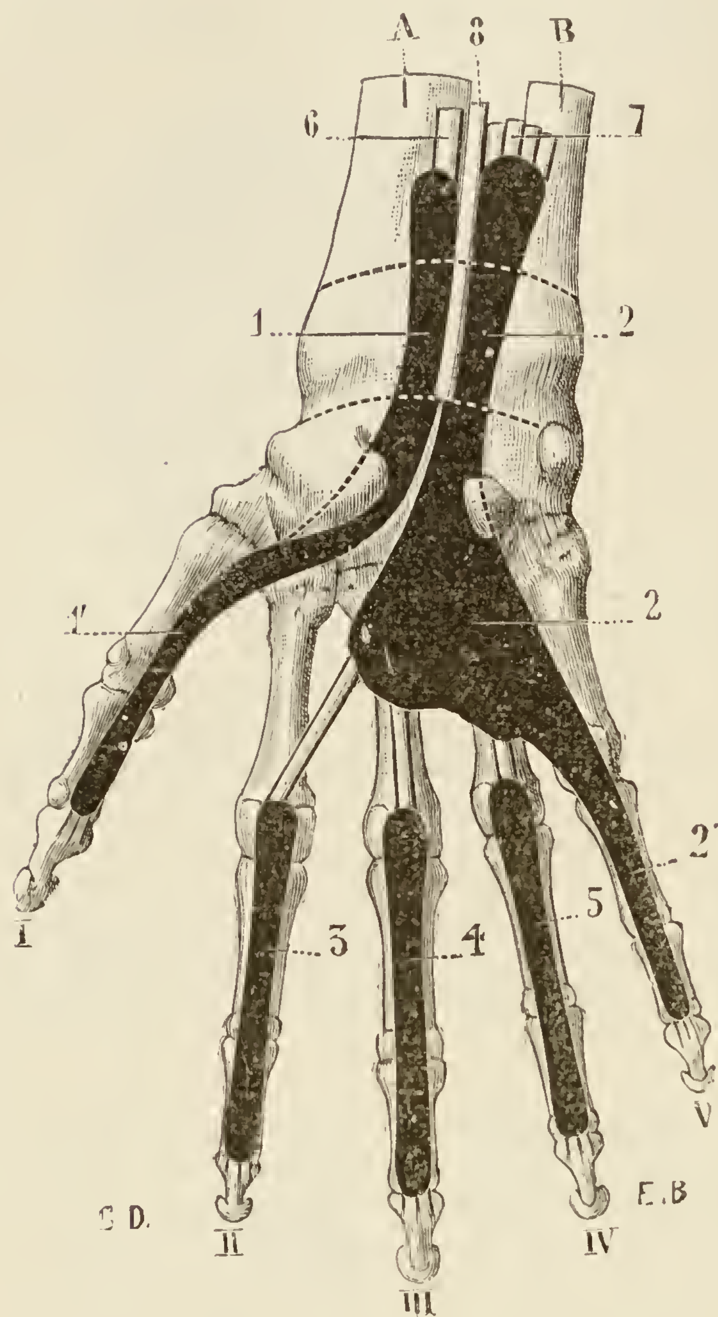


Fig. 92. — Gaines tendineuses et synoviales des fléchisseurs au poignet (Testut, *Anatomie humaine*).

A, radius. — B, cubitus. — I à V, doigts. — 1, 1'. gaine du tendon fléchisseur propre du pouce, 6. — 2, gaine commune à tous les tendons fléchisseurs, 7; 8, et se continuant sur le petit doigt. 2'. — 3, 4, 5, gaines digitales.

§ 3. — Structure

A. Muscles striés. — Tout muscle est constitué par des éléments primitifs, les *fibres musculaires*, se groupant en faisceaux, maintenus par des *cloisons intérieures* et une *enveloppe commune*, qui renferment des *vaisseaux* et des *nerfs*.

a. *Fibre musculaire striée.* — Unité anatomique constitutive du muscle à contraction volontaire, elle se présente au microscope sous la forme d'un cylindre à extrémités effilées, ayant en moyenne 4 centimètres de long sur 1 dixième de millimètre de large. Elle comprend trois éléments :

1° Le *myolemme*, enveloppe transparente et tellement fine, qu'on la voit difficilement au microscope;

2° Des *noyaux*, en nombre variable, aplatis et disposés sous l'enveloppe;

3° La *substance contractile*, remplissant l'enveloppe et présentant une double striation longitudinale et transversale; la première décompose la fibre en éléments plus simples encore, les *fibrilles musculaires;* la seconde divise celles-ci en une série de petits cubes superposés, alternativement transparents et sombres, d'où leurs noms de *disques clairs* et *disques obscurs*.

b. *Enveloppe et cloisonnement intérieur.* — Une gaine entoure chaque muscle; de sa face interne partent des cloisons polyédri-

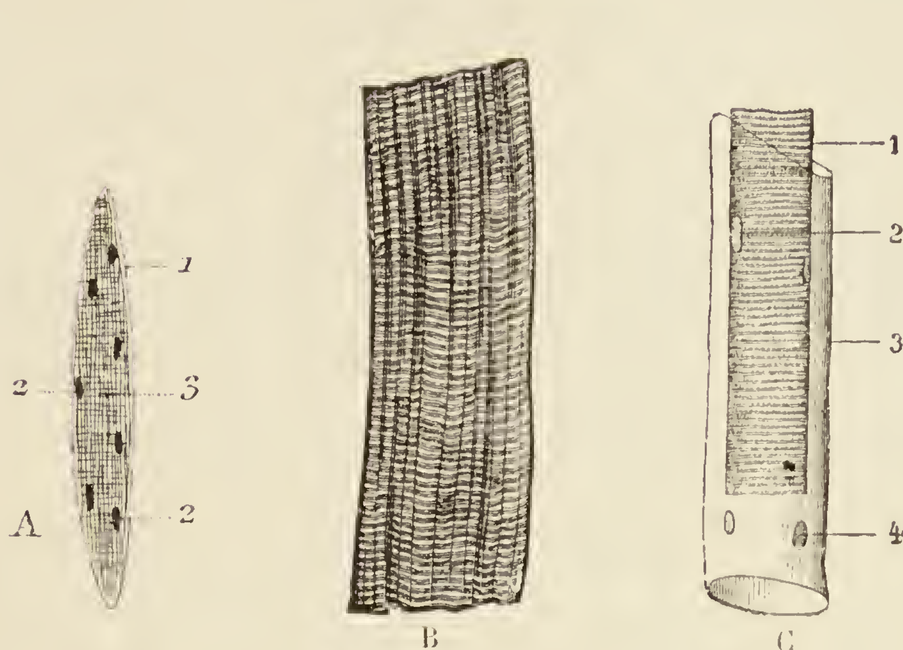


Fig. 93. — Structure de la fibre musculaire striée.

A. — Vue d'ensemble. — 1, myolemme. — 2, 2, noyaux. — 3, substance contractile à striation longitudinale et transversale.
B. — Fragment de fibre fortement grossi.
C. — Dissociation du myolemme et de la substance contractile. — 1, substance contractile, avec 2, noyaux. — 3, myolemme entraînant 4, d'autres noyaux.

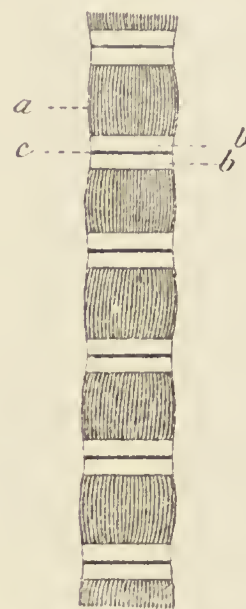


Fig. 94. — Fribrille musculaire (Hédon, *Précis de physiologie*).

a, disque obscur. — *bcb*, disque clair.

ques, qui, sur une coupe transversale, divisent le tissu musculaire en *faisceaux secondaires*, très apparents sur la viande cuite

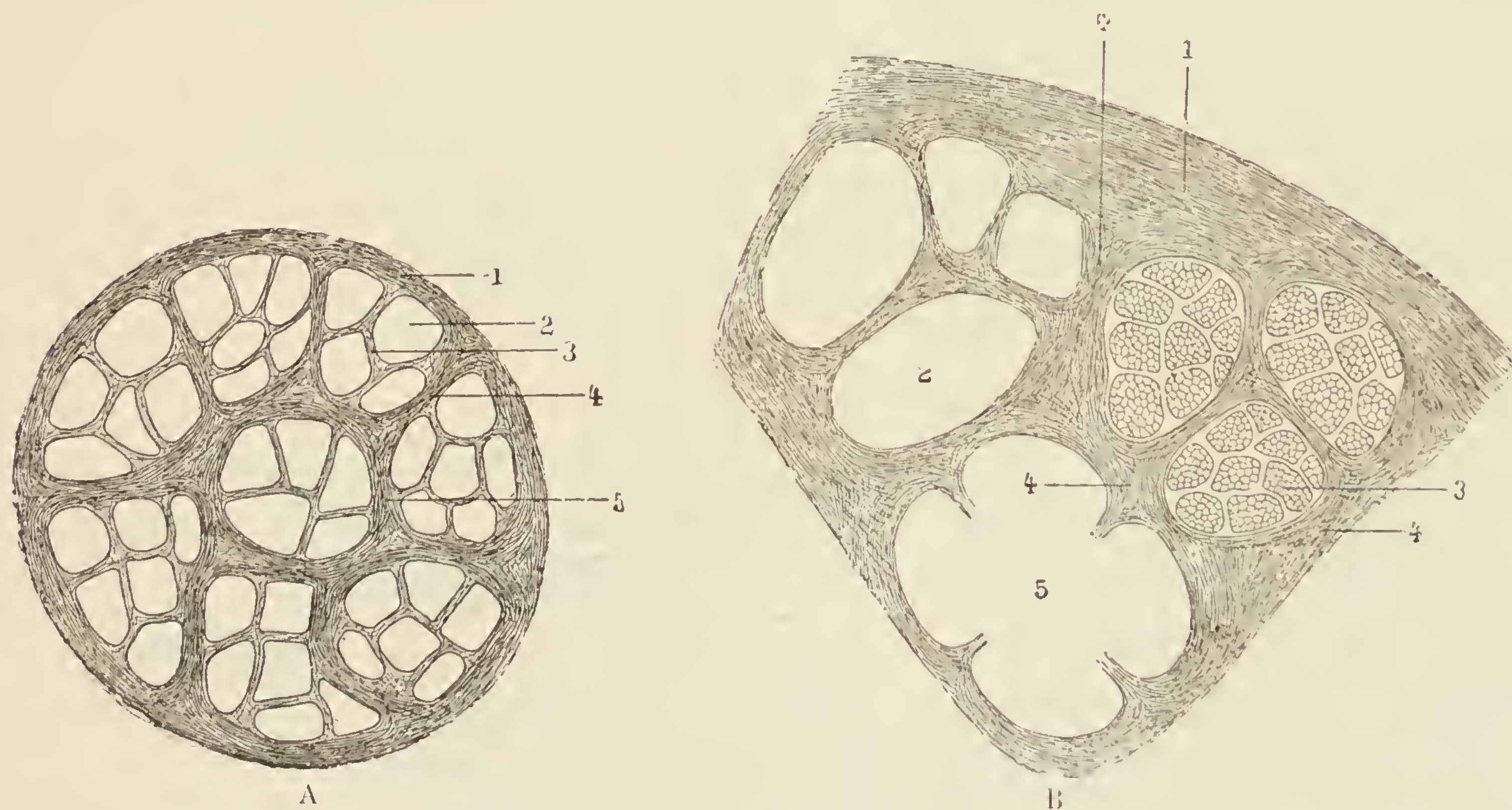


Fig. 95. — Représentation schématique de l'enveloppe et du cloisonnement intérieur d'un muscle strié (Testut, *Anatomie humaine*).

A. — 1, enveloppe externe. — 2, place du faisceau primaire. — 3, son enveloppe. — 4, 5, cloisons délimitant un faisceau secondaire.
B. — 1, enveloppe externe. — 2, place d'un faisceau primaire. — 3, section transversale de fibres formant un faisceau primaire. — 4, 4, cloisons limitant un faisceau secondaire. — 5, place d'un faisceau secondaire.

et subdivisés eux-mêmes par d'autres cloisonnements en *faisceaux primaires*, formés par un groupe de fibres striées.

c. *Vaisseaux et nerfs.* — Des vaisseaux sanguins se ramifient dans les cloisonnements et alimentent le muscle. Les nerfs sont les uns sensitifs, les autres moteurs : les premiers s'arrêtent dans les interstices des faisceaux primaires, les seconds se divisent en minces filets, qui se terminent sur chaque fibre musculaire par un renflement, la *plaque terminale*.

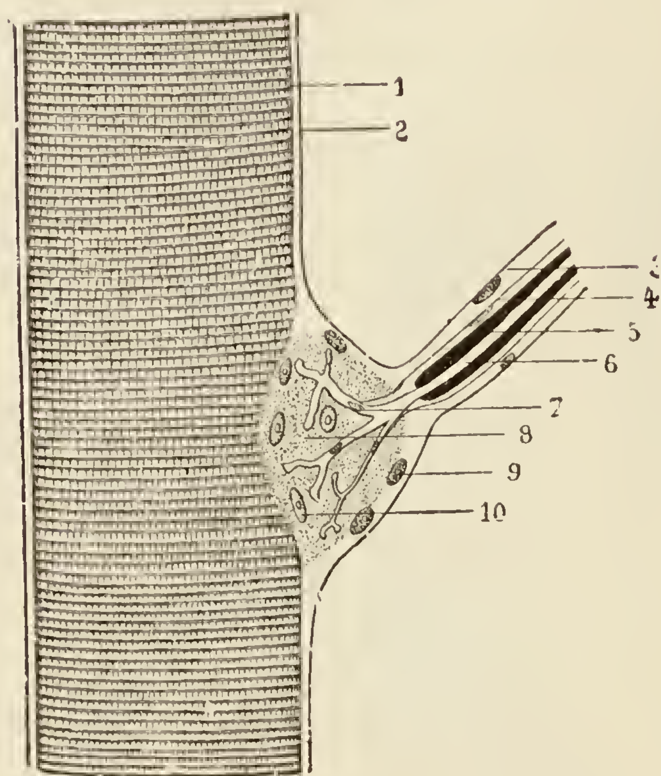


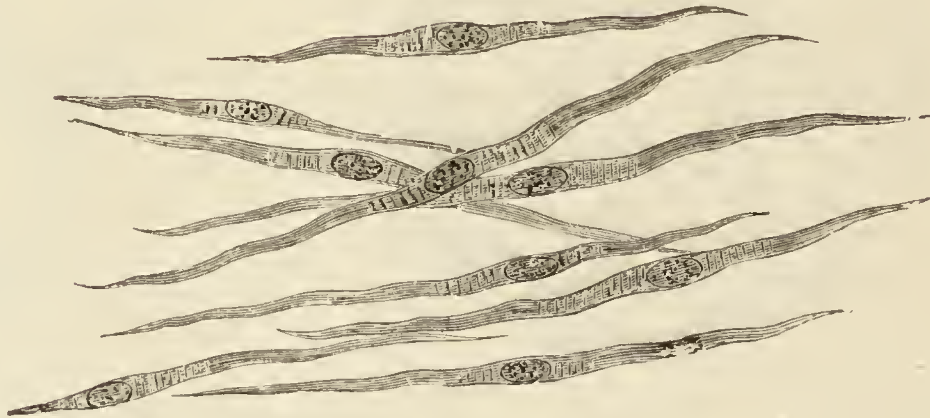
Fig. 96. — Plaque terminale d'un nerf moteur sur la fibre musculaire (Testut, *Anatomie humaine*).

B. Muscles lisses. — Ils se présentent sous forme de minces nappes, dont l'élément primitif est la *fibre lisse ;* elle est fusiforme, a tout au plus un millimètre de long et ne comprend qu'un protoplasma à striation longitudinale rudimentaire avec un seul noyau central.

§ 4. — Composition chimique

En pressant du tissu musculaire, on obtient une substance sirupeuse, le *plasma musculaire*, que la coagulation sépare en deux parties, une solide, formée de *myosine*, une liquide, le *sérum musculaire*.

A. Myosine. — Elle forme le caillot, est analogue à la fibrine du sang et provient de la substance contractile du muscle.


Fig. 97. — Fibres lisses.

B. Sérum musculaire. — Il renferme de l'eau (75 p. 100), des matières albuminoïdes et hydrocarbonées, dont la plus importante est le sucre musculaire, des sels, surtout des phosphates, et des acides, de l'acide lactique en particulier.

La coagulation se produit spontanément après la mort et entraîne la *rigidité cadavérique*, qui disparaît avec la décomposition.

§ 5. — Propriétés des muscles

Les principales propriétés des muscles sont l'*élasticité*, la *tonicité*, la *sensibilité* et la *contractilité*.

A. Élasticité. — Elle est peu prononcée, mais parfaite; un muscle étiré revient lentement, mais exactement, à ses dimensions primitives.

B. Tonicité. — On désigne ainsi une tension permanente du muscle, qui n'a jamais sa longueur naturelle; pour la mettre en évidence, on sectionne un muscle en travers, ce qui détruit la tension et entraîne le retrait des deux bouts. Si elle n'existait pas, le muscle perdrait, au début de sa contraction, un certain temps avant d'atteindre le degré de raccourcissement nécessaire pour agir sur les os. C'est à son action qu'est dû le chevauchement des fragments osseux dans les fractures et le raccourcissement consécutif des membres, lorsqu'on n'a pas soin d'annuler son influence avant la consolidation.

C. Sensibilité. — Elle tient au *sens musculaire*, qui a son siège dans les nerfs sensitifs des muscles et nous donne le sentiment de l'intensité avec laquelle se fait la contraction, de la direction du mouvement à effectuer et de la force à mettre en jeu pour vaincre une résistance donnée. Grâce au sens musculaire, l'enfant arrive à faire l'éducation de ses muscles pour exécuter, avec ensemble, des mouvements de plus en plus complexes; il disparaît chez l'ataxique, qui a perdu tout empire sur ses muscles et qui, pour marcher ou pour boire, lance follement ses jambes ou ses bras en tous sens.

D. Contractilité. — C'est une propriété vitale et spécifique du

tissu musculaire, lui permettant, sous l'influence d'une excitation, de passer du repos à l'activité, de se raccourcir et de s'allonger; les tendons n'en jouissent pas et sont réduits au rôle de cordes inextensibles, qui transmettent aux segments osseux les modifications de longueur du muscle. Certains auteurs ont voulu considérer la contractilité comme relevant, non pas de l'irritabilité du muscle, mais de celle des filets nerveux qu'il renferme; les faits suivants infirment cet hypothèse : la contractilité existe dans certains muscles de la grenouille, absolument dépourvus de nerfs; le muscle conserve cette propriété, quand on paralyse son nerf par le curare; si l'on électrise un nerf dans ces conditions, son muscle ne se contracte pas, mais il le fait, si on l'électrise directement.

§ 6. — Contraction musculaire

Elle résulte de l'entrée en jeu de la contractilité et produit le travail musculaire et le mouvement. Suspendons un muscle par une de ses extrémités et attachons un poids à l'autre; sous l'influence d'une excitation il se contracte, soulève le poids et produit du travail. Excitons d'un autre côté le biceps d'un homme : sa contraction entraîne l'avant-bras vers le bras et engendre du mouvement. Si la main supporte une charge, la contraction réalisera à la fois du travail et du mouvement.

A. Excitants. — Un muscle ne se contracte jamais spontanément ; il lui faut une excitation, qui peut être *indirecte* ou *directe*.

a. *Excitants indirects*. — Ils agissent sur les muscles par l'intermédiaire du système nerveux ; c'est la voie empruntée par la *volonté*, qui constitue chez l'homme l'excitant physiologique des fibres striées. Pour les besoins de l'expérimentation on a recours aux courants électriques, qu'on fait passer par les nerfs moteurs des muscles à étudier.

b. *Excitants indirects*. — On les divise selon leur nature de la façon suivante :

1° *E. mécaniques.* — Tels sont la piqûre, la section, le pincement d'un muscle; la viande fraîchement coupée tremble; le biceps, pincé entre deux doigts, se contracte au point excité et forme une saillie transversale, la corde du biceps.

2° *E. physiques.* — L'électricité, la chaleur, le froid provoquent la contraction musculaire. Le courant constant d'une pile produit une contraction au moment où il commence et à celui où il cesse, mais pendant toute la durée de son passage, le muscle reste au repos; le courant induit donne lieu à une série de secousses, correspondant au début et à la fin de chaque passage et dont la fusion peut produire une contraction permanente. Une grenouille, plongée dans un bain chaud, est prise de contractures généralisées : la chair de poule est un exemple de contraction, provoquée par le froid : elle est due à de petits muscles, placés dans l'épaisseur de la peau.

3° *E. chimiques.* — Lorsqu'on touche un muscle avec une baguette, trempée dans une solution caustique ou acide, il se contracte.

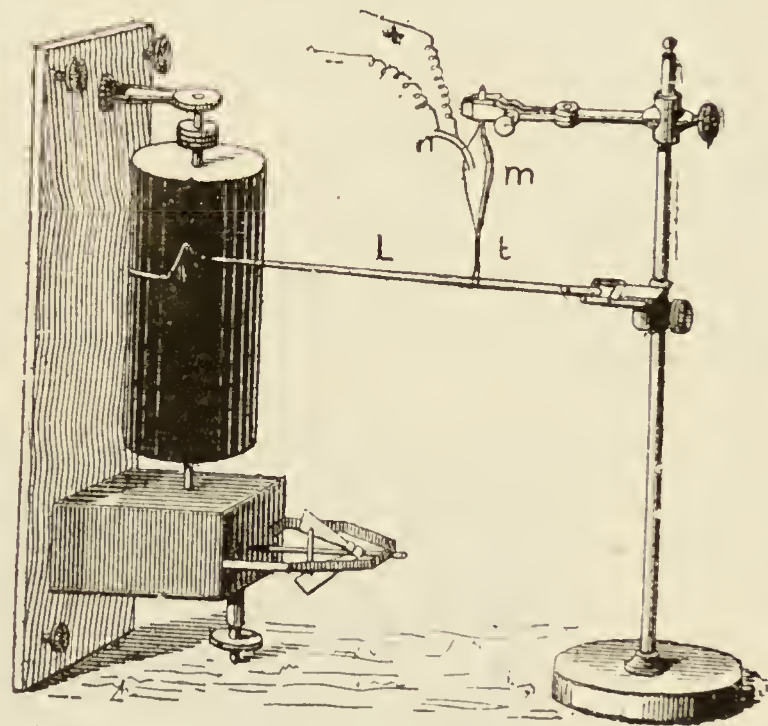


Fig. 98. — Myographe
L, levier relié en *t* au muscle, *m*.

B. Formes. — On peut enregistrer les formes de la contraction au moyen du *myographe* de Marey; cet appareil est constitué en principe par un levier, dont une extrémité est reliée au muscle à étudier, tandis que l'autre inscrit les déplacements qu'elle subit, sur un cylindre enregistreur, animé d'un mouvement tournant.

On reconnaît ainsi à la contraction de la fibre striée deux formes, la *secousse* et le *tétanos* musculaires.

a. *Secousse musculaire.* — Elle est produite par une excitation unique et brève et se traduit sur le cylindre enregistreur par un

crochet du tracé. Si l'excitation est faible, la secousse reste limitée au point excité, si elle est intense, la contraction se propage à tout le muscle ; lorsqu'elle arrive par le nerf moteur, le muscle entier se contracte d'emblée, parce que l'irritation est transmise simultanément à toutes les fibres striées.

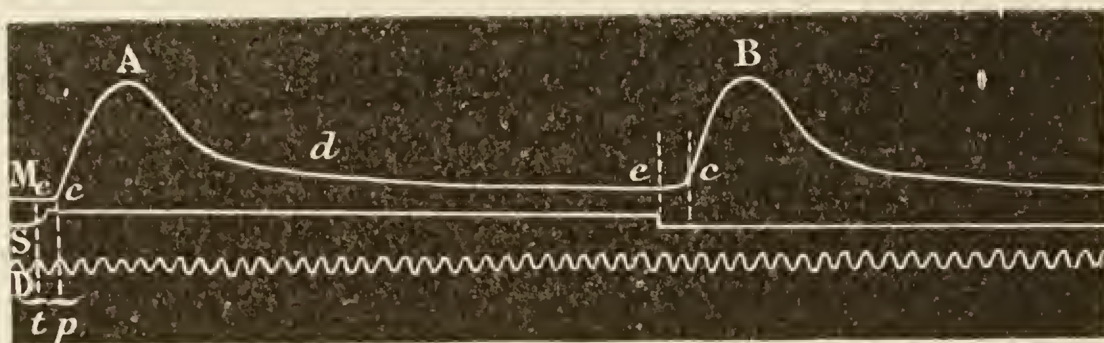


Fig. 99. — Tracé de la secousse musculaire (Hédon, *Précis de physiologie*).

A, secousse à la fermeture, B, secousse à l'ouverture d'un courant continu ; de *c* en *d*, contraction du muscle, de *d* en *e*, repos du muscle, bien que le courant continue de passer.

b. *Tétanos musculaire.* — Lorsque l'on excite un muscle à de courts intervalles, les secousses se succèdent avec une rapidité d'autant plus grande que les excitations sont plus rapprochées et elles finissent par se fusionner ; on obtient ainsi une contraction permanente constituant le tétanos musculaire, qui dure autant que la série des excitations, et qui se traduit sur le cylindre enregistreur par une ascension, suivie d'un plateau rectiligne ; pour qu'il se produise, il faut un minimum de 30 excitations par seconde.

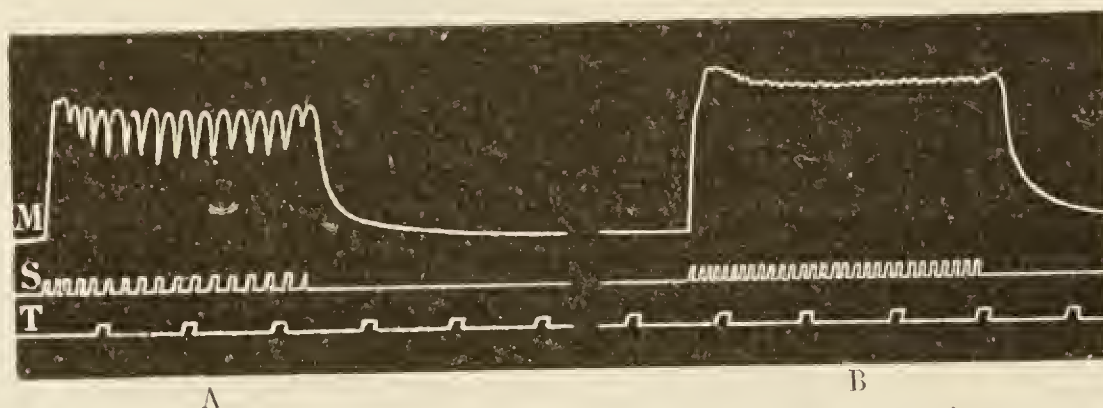


Fig. 100. — Contractions musculaires sous l'influence d'excitations rapprochées (Hédon, *Précis de physiologie*).

A, secousses incomplètement fusionnées (5 excitations par seconde). — B, secousses presque complètement fusionnées (8 excitations par seconde).

La crampe résulte de la contraction tétanique de certains muscles.

Pour la fibre lisse, la contraction se produit plus lentement et

elle dure plus longtemps; le tétanos musculaire n'existe pas. Les contractions physiologiques des muscles lisses ont souvent un caractère rythmique, comme nous le verrons pour les mouvements de l'intestin.

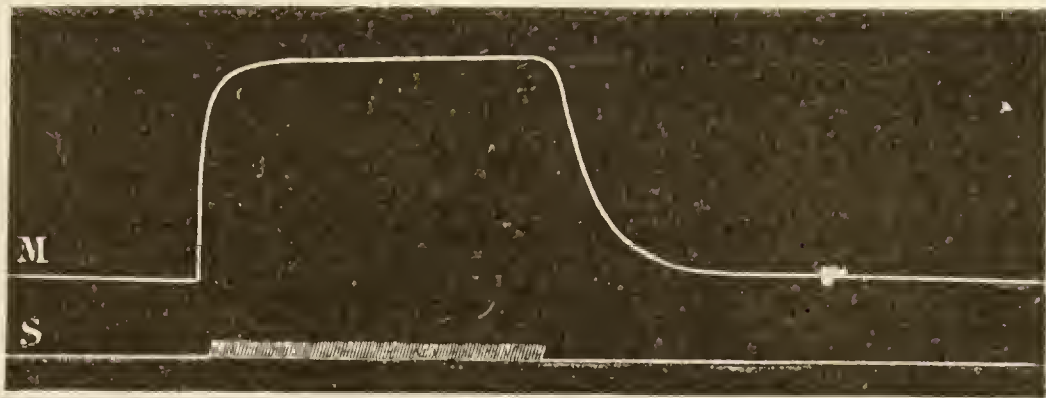


Fig. 101. — Tétanos musculaire sous l'influence d'un grand nombre d'excitations par seconde (Hédon, *Précis de physiologie*).

c. *Modifications du muscle.* — Lorsqu'un muscle se contracte, il durcit, gonfle et se raccourcit ; ces modifications sont faciles à constater chez l'homme sur le biceps. Le raccourcissement peut atteindre le tiers de la longueur primitive du muscle; mais tout en diminuant de longueur et en augmentant d'épaisseur, celui-ci ne change pas sensiblement de volume; pour le démontrer,

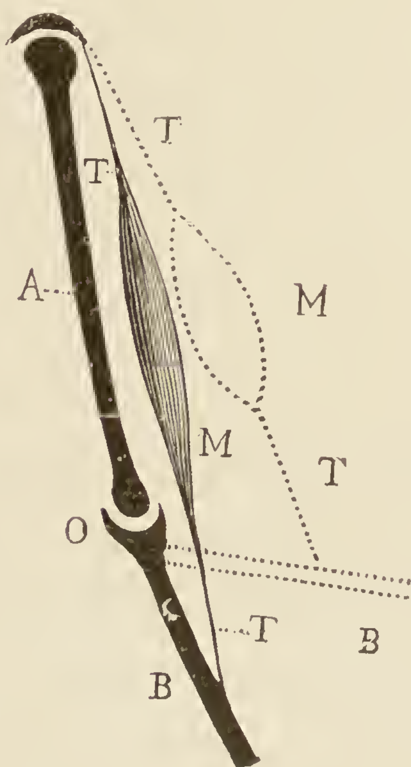


Fig. 102. — Raccourcissement et gonflement du muscle contracté (Pizon, *Anatomie animale*).

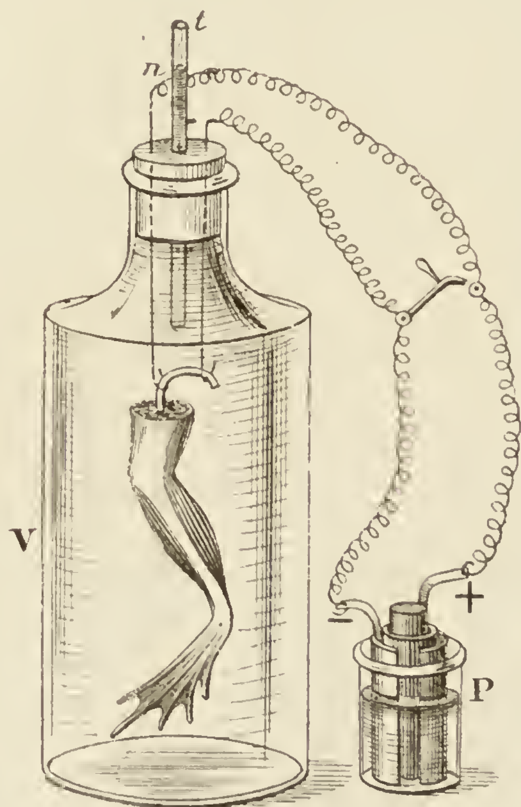


Fig. 103. — Appareil pour démontrer que le muscle ne change pas de volume pendant la contraction (Hédon, *Précis de physiologie*).

V, vase rempli d'eau et contenant une patte de de grenouille, reliée aux deux pôles d'une pile, P. — *n*, niveau de l'eau dans le tube capillaire, *t*.

on place une patte de grenouille dans un récipient plein d'eau et hermétiquement fermé par un bouchon, qui est traversé par un tube vertical : l'eau ne monte pas d'une façon appréciable dans celui-ci, quand la patte se contracte sous l'effet d'une excitation.

L'examen microscopique d'un muscle en contraction permet de constater un changement de forme des disques sombres, qui diminuent de hauteur et augmentent de largeur, tandis que les disques clairs disparaissent complètement ; c'est donc dans les premiers que semble résider la propriété contractile.

§ 7. — Travail musculaire

Reprenons l'expérience du muscle suspendu par un bout et supportant par l'autre un poids : sa contraction, sous l'influence d'une excitation, entraîne un soulèvement du poids ; si l'excitation continue, la contraction persiste et le muscle soutient sa charge à une hauteur invariable. Le travail musculaire peut donc se manifester sous deux formes, qui sont le *travail dynamique* et le *travail statique*.

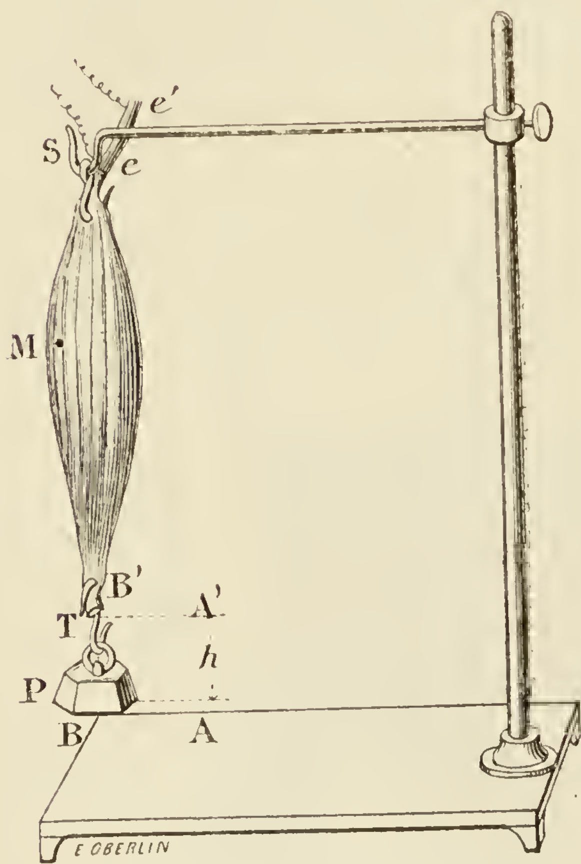


Fig. 104. — Travail extérieur du muscle, soulevant un poids (Bordier, *Précis de physique biologique*).

B, position du poids P, le muscle étant en repos. — B', position du poids, le muscle étant contracté. — *h*, degré de raccourcissement.

A. Travail dynamique ou extérieur. — Il se traduit par un effet utile et apparent, le soulèvement du poids, et correspond à l'entrée en contraction du muscle, ou comme on dit, à sa *contraction dynamique* ; celle-ci peut être *concentrique* ou *excentrique* : dans le premier cas, le muscle se raccourcit, dans le second, il s'allonge tout en résistant.

Il faut distinguer dans cette manifestation extérieure de l'énergie musculaire deux facteurs, le *degré de raccourcissement* et la *force de soulèvement*. Le premier est proportionné à la longueur du

muscle, à l'intensité de l'excitation, la seconde, au nombre des fibres primitives du muscle, c'est-à-dire à sa surface de section : l'un et l'autre varient en raison inverse du degré de fatigue et de l'augmentation de la charge, à tel point que la contraction n'a plus lieu, lorsque le muscle est épuisé ou que le poids dépasse une certaine valeur. En pratique, par conséquent, les muscles longs, comme ceux de l'avant-bras, produisent le maximum de raccourcissement et par suite la plus grande étendue de mouvement : les muscles épais, au contraire, réalisent le maximum de force : tels les muscles du mollet, luttant contre le poids du corps dans la marche.

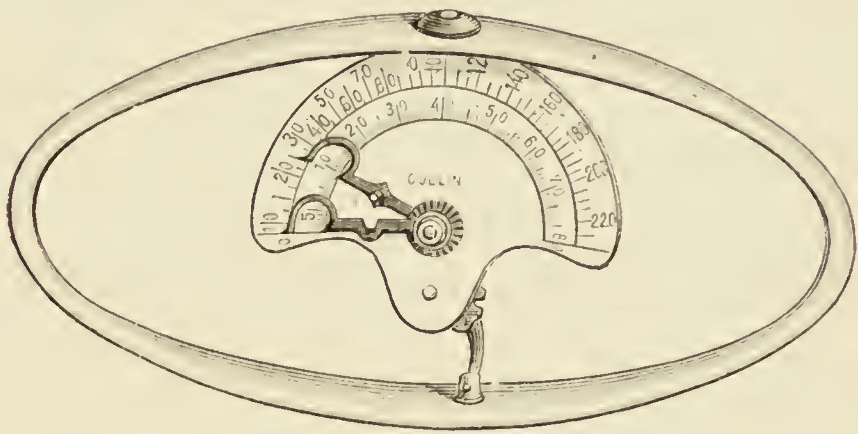


Fig. 105. — Dynamomètre.

On apprécie la force musculaire, qui produit le travail extérieur, au moyen du *dynamomètre* composé d'un ressort elliptique, dont les deux branches se rapprochent par la pression ou la traction ; la force déployée, exprimée en kilogrammes, est indiquée par une aiguille mobile sur un cadran gradué.

B. Travail statique ou intérieur. — Il correspond au maintient du poids soulevé et à la durée de la tétanisation musculaire, autrement dit à la *contraction statique*. En apparence, il ne se fait aucun travail, cependant le poids ne retombe pas et le muscle reste actif : c'est cette activité, qui constitue le travail intérieur. La meilleure preuve que le muscle travaille, c'est qu'il se fatigue et que la contraction statique ne peut être soutenue longtemps ; ainsi on ne peut tenir les bras étendus horizontalement plus de quelques minutes.

§ 8. — Mécanique musculaire

La position respective du muscle, agent moteur, de l'os à mouvoir et de la jointure, centre du mouvement, réalise ce qu'en mé-

canique on appelle des leviers ; les *effets* des uns sont donc dans une certaine mesure comparables aux effets des autres. Chez l'homme, de nombreux facteurs modifient cependant d'une façon incessante ces effets ; ce sont, en particulier, la *complexité de l'action musculaire*, le *synergisme et l'antagonisme des muscles*, *l'inversion du rôle de leurs points d'insertion.*

A. Effets de levier. — Dans tout mouvement l'os représente le levier proprement dit : le point d'appui est à son articulation avec l'os fixe, la puissance à l'insertion du muscle et la résistance en un point quelconque, variable avec l'obstacle à déplacer, le poids du membre, etc. ; suivant la position respective de ces trois points, l'os représente un levier du premier, du deuxième ou du troisième genre.

a. *Levier du premier genre.* — Le point d'appui se trouve entre la puissance et la résistance. L'exemple le plus net est l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale ; le point d'appui correspond à l'articulation de l'occipital avec l'atlas, la puissance est représentée par les muscles de la nuque, qui s'insèrent sur l'occipital, la résistance par le poids de la tête, qui tend à se fléchir en avant.

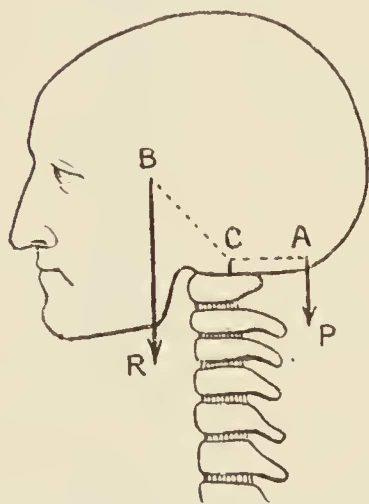


Fig. 106. — Levier du premier genre : équilibre de la tête (Pizon, *Anatomie humaine*). C, point d'appui. — AP, puissance : muscles de la nuque. — BR, résistance : poids de la tête.

A ce levier sont surtout dévolus les effets d'équilibre ; on le retrouve dans la station debout, l'élévation sur la pointe des pieds, la marche, etc. Dans la station bipède, les muscles des gouttières vertébrales luttent sans cesse contre le poids du tronc, qui tend à entraîner la colonne vertébrale en avant, et les muscles fessiers équilibrent de même sur les cuisses le bassin qui, sans eux, fléchirait en avant par un mouvement de rotation autour de la ligne réunissant les articulations coxo-fémorales. Dans l'élévation sur la pointe des deux pieds et dans la marche, le pied est assimilable à un levier du premier genre, avec l'articulation tibio-

tarsienne comme pivot; la puissance est la traction des muscles du mollet au calcanéum, la résistance est représentée par la réaction, égale au poids du corps, qu'oppose à la pointe du pied le plan sur lequel les orteils prennent appui[1].

b. *Levier du deuxième genre.* — La résistance se trouve entre le point d'appui et la puissance. Il se réalise, quand on contracte le masséter pour écraser un objet entre les grosses molaires; la résistance est constituée par cet objet, le point d'appui siège à l'articulation temporo-maxillaire, la puissance correspond à l'insertion du muscle sur l'angle du maxillaire inférieur. Ce levier produit surtout des effets de force, mais il perd en vitesse ce qu'il gagne en force; aussi est-il exceptionnel dans l'organisme humain. Il y apparaît cependant, quand le rôle normal de la puissance et de la résistance s'intervertit, par exemple, lorsque le biceps s'oppose à l'extension de l'avant-bras que tend à produire une force, agissant sur la paume de la main.

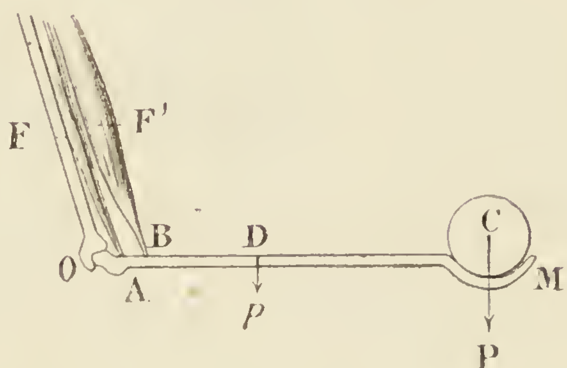


Fig. 107. — Levier du deuxième genre : extension de l'avant-bras (Bordier, *Physique biologique*).

O, point d'appui. — CP, puissance : poids produisant l'allongement de l'avant-bras. — AF, BF', résistance : contraction excentrique des muscles antérieurs du bras.

c. *Levier du troisième genre.* — La puissance est entre le point d'appui et la résistance. L'avant-bras agit comme un levier de ce genre, lorsqu'il se fléchit, la main tenant un poids; la puissance est au niveau de l'insertion du biceps sur le radius au-dessous du coude, dont la jointure constitue le point d'appui, le poids soulevé forme la résistance. Le bras, la cuisse et la jambe, dans leurs mouvements respectifs sur l'épaule, la hanche et le genou, constituent également des leviers du troisième genre. Ce levier, actionné par des muscles longs, réalise le mieux les effets de mouvement, tant comme vitesse que comme étendue, parce qu'il permet au

[1] Mécanisme du soulèvement du corps sur la pointe des pieds, par le Dr Castex (*Journal de physiologie*, mai 1901).

point d'appui de la résistance le maximum de parcours. Le résultat est d'autant plus appréciable que le levier est plus long et la force musculaire plus grande ; or, il existe, comme on l'a vu, un rapport constant entre la longueur des segments de membres et la taille : un homme de haute stature aura donc l'avantage de disposer de leviers très longs, mais un individu petit pourra obtenir des résultats équivalents et même supérieurs, s'il est fortement musclé, parce qu'il compensera la petitesse des leviers par une puissance musculaire considérable.

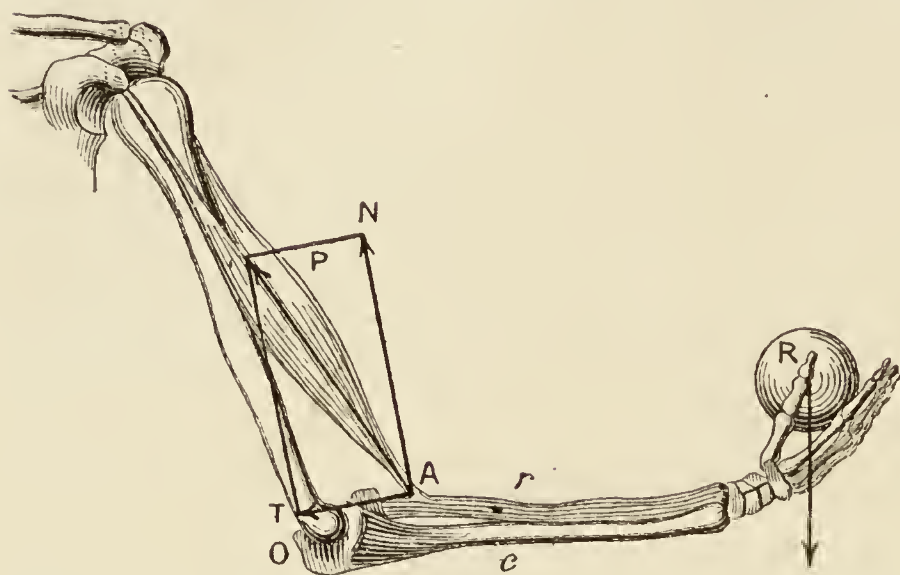


Fig. 108. — Levier du troisième genre : flexion de l'avant-bras (Pizon, *Anatomie animale*).

O, point d'appui. — AP, puissance : contraction concentrique du biceps. — R, résistance : poids soulevé.

B. Complexité de l'action musculaire. — Un muscle isolé imprime au levier osseux correspondant une action variable avec la direction, qu'ils affectent l'un par rapport à l'autre, et avec l'angle, qui en résulte : cet angle peut être aigu, droit ou obtus : il varie même à tout instant du mouvement et avec lui la force musculaire, qui atteint son maximum lorsque le muscle et l'os font entre eux un angle droit. De là l'utilité des saillies osseuses, sur lesquelles les tendons se réfléchissent souvent et qui augmentent l'angle d'incidence du muscle sur l'os mobile.

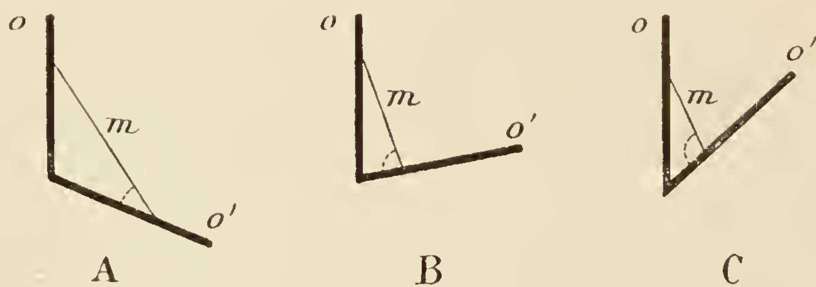


Fig. 109. — Angles d'incidence du muscle par rapport à l'os mobile.

A, incidence à angle aigu. — B, incidence à angle droit. — C, incidence à angle obtus. — *o*, os fixe. — *o'*, os mobile. — *m*, muscle.

Un même muscle est fréquemment apte à effectuer plusieurs mouvements, soit parce qu'il agit de plusieurs manières sur le même os avec la même articulation comme centre, soit parce qu'il est tendu

par-dessus deux ou trois jointures, ce qui lui permet d'actionner autant de leviers osseux : ainsi le biceps fléchit l'avant-bras sur le bras et provoque, en outre, la pronation, parce que son tendon fait pivoter de dedans en dehors le radius, autour duquel il s'enroule à l'état de repos ; les fléchisseurs des doigts fléchissent d'abord ceux-ci sur la main, puis cette dernière sur le poignet.

Inversement un mouvement, même le plus simple, résulte rarement de la contraction d'un muscle unique ; la flexion du pouce nécessitant la mise en jeu d'un muscle, qui a son insertion fixe sur les os de l'avant-bras, ceux-ci devront être immobilisés sur le bras, ce qui réclame l'intervention d'autres muscles, ayant leur insertion fixe sur l'humérus ; de nouveaux muscles auront donc à assurer la fixité de celui-ci, et ainsi de suite. Il y a, de la sorte, tout un travail latent, auquel participent de nombreux muscles, qui restent étrangers à la production directe du mouvement. Presque toujours, en outre, la mobilisation d'un os sur un autre est le fait non pas d'un seul, mais de plusieurs muscles : ceux qui sont ainsi doués d'une action similaire, forment des *groupes congénères* ; on distingue à l'avant-bras et à la jambe un groupe de fléchisseurs, un groupe d'extenseurs, etc.

Les mouvements complexes, pour écrire par exemple, entraînent la mise en jeu de groupes musculaires variés : leur action est coordonnée et la part d'intervention de chacun limitée, pour aboutir à une exécution harmonieuse.

C. Synergisme et antagonisme musculaires. — Les muscles, qui concourent à la production d'un même mouvement, sont appelés *synergiques*, ceux qui, comme les fléchisseurs et les extenseurs des doigts, réalisent deux mouvements contraires, sont *antagonistes*. En réalité, un muscle ne se contracte jamais, sans que son antagoniste entre en jeu et cela surtout dans les mouvements de précision : l'un modère et régularise l'action de l'autre.

D. Inversion du rôle des points d'insertion. — Les muscles des-

tinés à mouvoir un segment de membre ont, en principe, leur insertion fixe plus rapprochée du tronc que leur insertion mobile ; ainsi les muscles, qui fléchissent l'avant-bras sur le bras, ont une insertion fixe sur l'humérus et l'insertion mobile sur le cubitus et le radius. Cependant nous pouvons à volonté intervertir le rôle des insertions ; dans l'action de grimper, l'avant-bras devient fixe et les muscles précités rapprochent l'humérus du radius et du cubitus.

§. 9. — Mouvement

Résultat de la contraction musculaire, il consiste dans le déplacement d'un segment de membre sur un autre ou dans le déplacement total du corps ; le muscle agit comme un ressort tendu, qui, en revenant sur lui-même, entraîne l'objet auquel il est fixé.

Nous aurons à considérer les *variétés* de mouvements, leur *sens*, leur *étendue*, leurs *limites* et en particulier leur *origine*.

A. Variétés. — Le mouvement est *volontaire*, *réflexe* ou *involontaire*.

a. *Mouvement volontaire*. — Il ne peut être accompli que par le muscle strié sous l'action de la volonté.

b. *Mouvement réflexe*. — Son point de départ est une excitation de la peau, qu'un nerf sensitif transmet au système nerveux central ; ce dernier incite, par l'intermédiaire d'un nerf moteur, le muscle à se contracter : l'ensemble des voies nerveuses, que suivent l'impression sensitive d'une part et l'ordre moteur de l'autre, constitue *l'arc réflexe*. Le mouvement réflexe est *conscient* ou *inconscient* ; le clignement des paupières, à la suite d'une irritation de l'œil, est un type de mouvement réflexe conscient ; le mouvement de

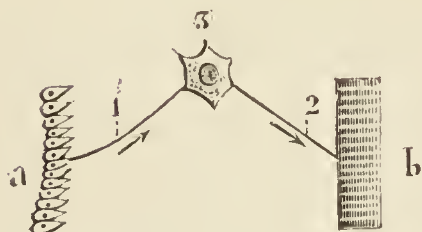


Fig. 110. — Arc réflexe (Testut, *Anatomie humaine*).

a, surface sensible. — *b*, muscle. — 1, voie sensitive. — 2, voie motrice. — 3, centre nerveux.

retrait qu'effectue le bras d'un homme endormi, lorsqu'on le pince, est réflexe et inconscient.

c. *Mouvement involontaire.* — Il ne dépend pas de notre volonté et a pour agents habituels les muscles lisses ; les mouvements de l'estomac sont involontaires. A cette catégorie appartiennent aussi les contractions du cœur, bien que son tissu musculaire soit composé de fibres striées.

B. Sens, étendue et limites des mouvements. — Nous connaissons déjà les facteurs, qui déterminent le sens, l'étendue et les limites du déplacement d'un segment osseux sur un autre. La conformation des surfaces articulaires, des capsules et des ligaments ont, à cet égard, une importance, sur laquelle nous avons insisté à propos de chaque jointure en particulier, de même que sur le rôle des saillies osseuses avoisinant les articulations ; l'étendue du mouvement est encore proportionnelle à la longueur du muscle et elle dépend des effets de levier, qui atteignent leur maximum avec le levier du troisième genre. On peut, *à priori*, déduire le sens du mouvement de la direction que le muscle affecte par rapport à l'os ; lorsque l'axe musculaire n'est pas rectiligne, ce qui arrive souvent parce que les tendons sont déviés par des saillies osseuses, le muscle agit comme s'il avait son insertion au point de réflexion.

D'une manière générale, le mouvement augmente comme étendue du centre aux extrémités du corps, chaque segment cumulant sa propre mobilité avec celle des segments sus-jacents. En ce qui concerne le sens du déplacement, il est facile de constater que, par ordre de fréquence, l'adduction prédomine sur l'abduction et surtout la flexion sur l'extension ; en raison de leur activité plus grande, les muscles fléchisseurs ont un développement supérieur à celui des extenseurs et il est, par suite, rationnel de faire à ces derniers une part prépondérante dans les exercices.

C. Origine du mouvement. — De même qu'une machine transforme en travail la chaleur résultant de la combustion, de même

les muscles brûlent les matières nutritives, que leur apporte le sang, et transforment en mouvement la chaleur ainsi produite ; l'exactitude de cette comparaison est démontrée par de nombreuses constatations. La température du corps s'élève pendant le travail musculaire, autrement dit, l'exercice réchauffe ; le thermomètre appliqué sur un muscle, le biceps par exemple, monte après un certain nombre de contractions et la circulation du sang devient plus active. La consommation d'oxygène, nécessaire aux combustions musculaires, et celle de l'acide carbonique, produit de ces combustions, triplent chez l'homme en mouvement. L'analyse chimique comparative de deux muscles, l'un au repos, l'autre tétanisé, montre que celui-ci est plus riche que l'autre en produits de combustion, notamment en acide carbonique et acide lactique ; ce dernier provient de l'usure de la substance contractile et transforme en acide la réaction neutre du muscle au repos. Le sang, en irriguant le tissu musculaire, est chargé de neutraliser et de balayer ces produits ; mais quand le travail est intense ou prolongé, l'élimination par la circulation devient insuffisante et les déchets de combustion s'accumulent dans le muscle, en particulier l'acide lactique, qui constitue un véritable poison, parce qu'il coagule la myosine : c'est ainsi que se produit la rigidité cadavérique rapide chez les animaux, qui meurent forcés. Ces phénomènes de combustion sont les mêmes, que le muscle produise du mouvement, du travail extérieur ou intérieur ou qu'il effectue une simple contraction, comme l'a montré Chauveau par l'étude comparative chez le cheval des deux muscles releveurs de la lèvre supérieure, mais dont l'un fonctionnait à vide, par suite de la section de son tendon ; les modifications de la circulation et du sang étaient identiques des deux côtés.

De même que les moteurs mécaniques, le système musculaire ne transforme en mouvement et en travail qu'une partie de la chaleur produite, qu'on évalue à un cinquième ; le reste se répartit dans le corps. Malgré la quantité énorme inutilisée, la température du corps ne s'élève pas de plus de deux degrés au-dessus de celle au repos, la transpiration intervenant, quand l'accumulation

de chaleur menace de devenir dangereuse pour l'organisme. L'expérience a montré, en effet, que si la température montait à 45°, les fibres musculaires seraient détruites par la coagulation de leur substance contractile ; on a expliqué ainsi la mort foudroyante, par arrêt du cœur, dans le coup de chaleur et le surmenage aigu.

CHAPITRE II

MUSCLES DE LA TÊTE

§ 1. — Muscles du crane

Deux peauciers, l'*occipital* en arrière, le *frontal* en avant, unis par une aponévrose intermédiaire, couvrent la voûte crânienne à la manière d'une calotte ; ils font mouvoir le cuir chevelu et le frontal élève en outre les sourcils, plisse la peau du front et exprime l'attention, la surprise, l'admiration ou la colère.

§ 2. — Muscles de la face

Ils se divisent en deux groupes, les *peauciers* et les *masticateurs*.

A. Peauciers. — Les uns sont placés autour des orifices de la face et ouvrent ou ferment les yeux et la bouche, dilatent ou rétrécissent les narines; les principaux sont l'*orbiculaire des paupières*, l'*orbiculaire des lèvres*, qui ferme plus ou moins la bouche pour parler, mastiquer, siffler, et le *buccinateur*, dont le rôle consiste, au contraire, à élargir l'orifice buccal.

Les autres, minces et grêles, ont une insertion fixe sur le squelette et une insertion mobile à la peau ; ils président au jeu de la physionomie et interviennent dans le rire, le pleurer, etc.

B. Masticateurs. — Ils sont au nombre de 4 de chaque côté, le *temporal* et le *masséter* à l'extérieur, les *ptérygoïdiens interne et*

externe à l'intérieur du maxillaire inférieur, qu'ils rattachent au crâne, leur insertion fixe. Le premier en forme d'éventail, occupe

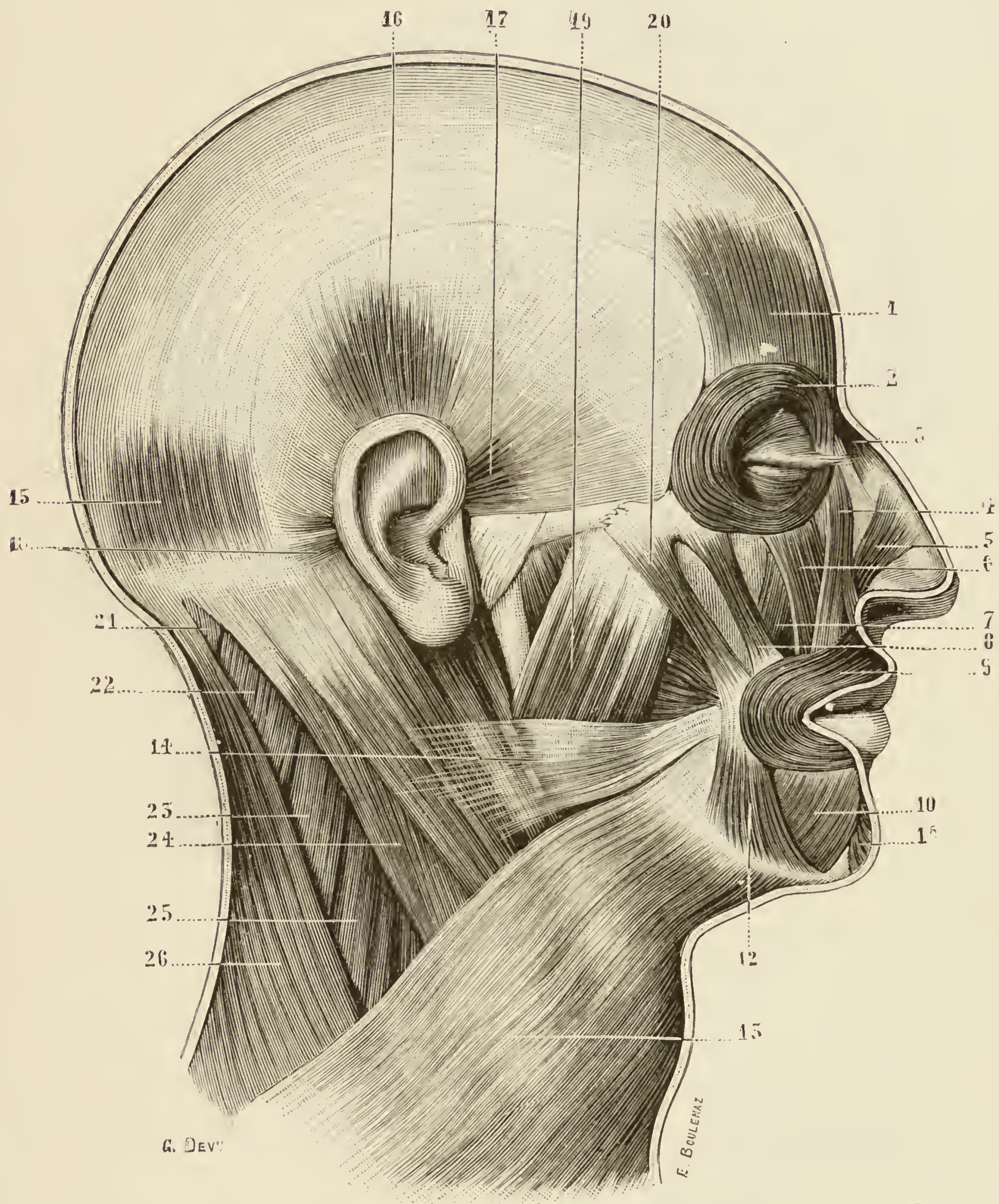


Fig. 111. — Muscles superficiels de la tête (Testut, *Anatomie humaine*).
1, frontal. — 2, orbiculaire des paupières. — 9, orbiculaire des lèvres. — 15, occipital. — 19, masséter. — 24, sterno-cléïdo-mastoïdien. — 25, scalène postérieur. — 26, trapèze.

la fosse temporale et s'insère sur l'apophyse coronoïde ; le second rectangulaire, s'étend de la pommette à l'angle de la mâchoire, où il forme une saillie dure, quand on serre les dents.

Tous sont élévateurs du maxillaire inférieur et appliquent dans la

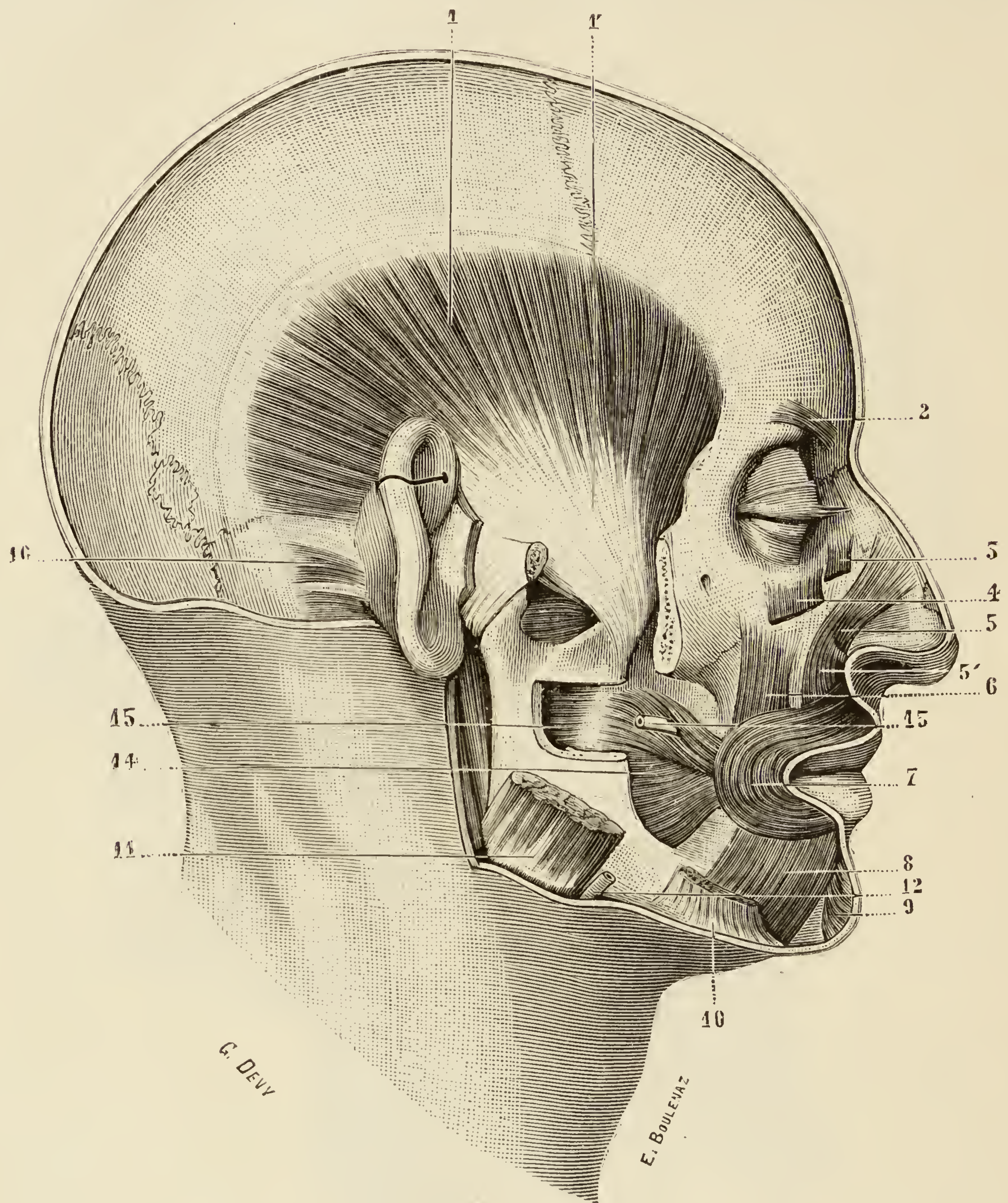


Fig. 112. — Muscles profonds de la tête (Testut, *Anatomie humaine*).
1, temporal. — 7, orbiculaire des lèvres. — 11, masséter. — 14, buccinateur.

mastication les dents du bas contre les dents du haut, qui sont immobiles.

CHAPITRE III

MUSCLES DU TRONC

Pour la commodité de leur description, nous les classerons en *muscles du cou*, du *dos et de la nuque*, du *thorax* et de l'*abdomen*.

§ 1. — Muscles du cou

On les divise en trois régions, une *antérieure*, une *latérale*, une *prévertébrale*.

A. Région antérieure. — Elle comprend les *muscles sus-hyoïdiens* et *sous-hyoïdiens*.

a. *Sus-hyoïdiens*. — Ce sont de petits muscles allant de l'os hyoïde à la mâchoire inférieure ; antagonistes des masticateurs, ils abaissent cette dernière dans la mastication ou élèvent l'os hyoïde et le larynx, dans la déglutition par exemple.

b. *Sous-hyoïdiens*. — Placés entre l'os hyoïde et le sommet du thorax, ils abaissent l'os et le larynx, ou les immobilisent pour assurer une insertion fixe aux muscles sus-hyoïdiens dans la mastication.

B. Région latérale. — Elle est formée par 3 muscles, le *sterno-cléido-mastoïdien*, les *scalènes antérieur* et *postérieur*, qui produisent la flexion, l'extension ou la rotation de la tête.

a. *Sterno-cléido-mastoïdien*. — Il descend obliquement, de chaque côté de la tête au sternum et à la clavicule.

Insertion supérieure. — Apophyse mastoïde et région voisine de l'occipital.

Insertion inférieure. — Base du sternum et quart interne de la clavicule.

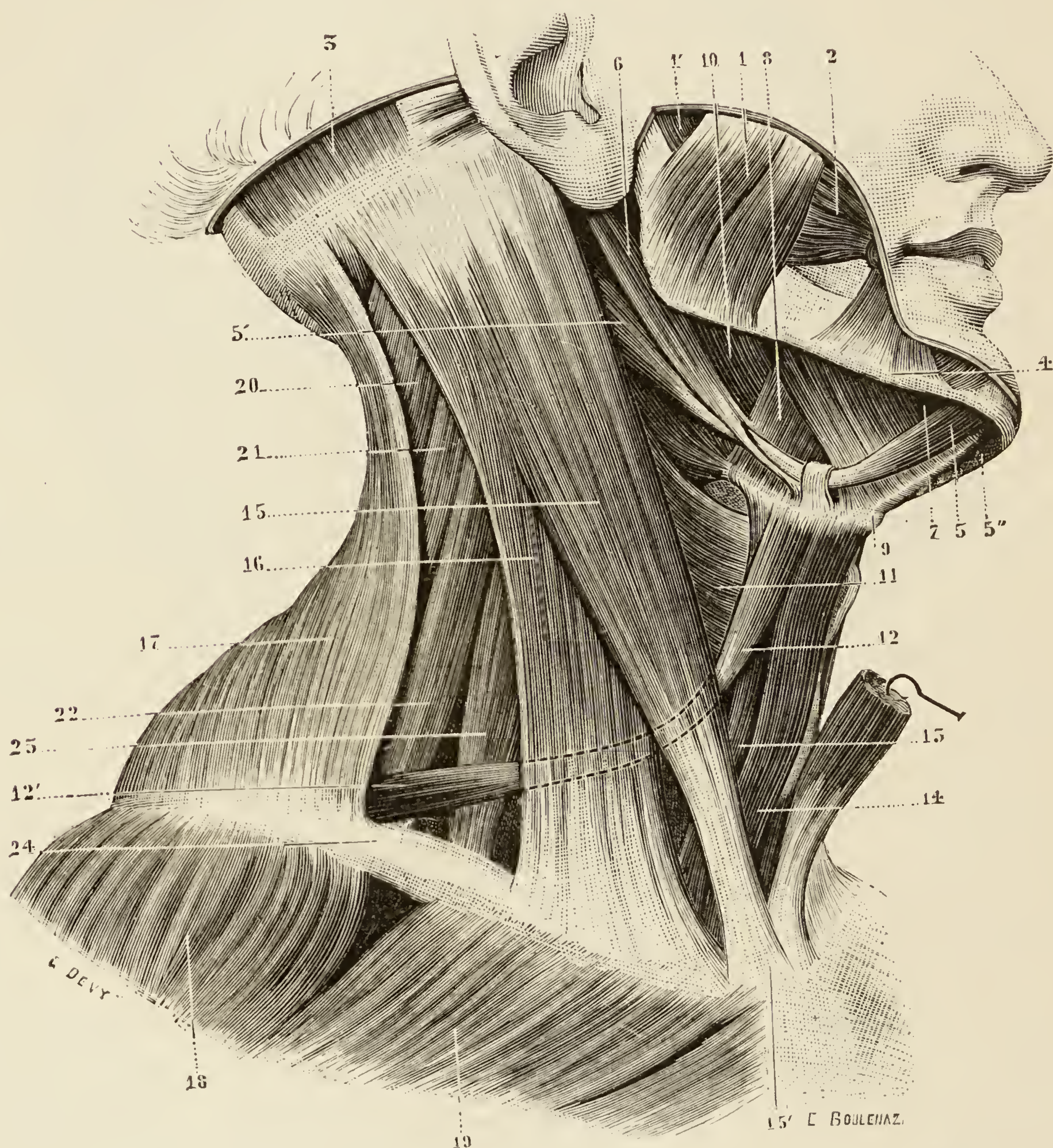


Fig. 113. — Muscles du cou, régions antérieure et latérale (Testut, *Anatomie humaine*).
5, 6, 7, 8, muscle sus-hyoïdiens. — 9, os hyoïde. — 12, 13, 14, muscles sous-hydoïdiens. — 15, 16, sterno-cléido-mastoïdien. — 17, trapèze. — 18, deltoïde. — 19, grand pectoral. — 20, splénius. — 22, scalène postérieur. — 23, scalène antérieur. — 24, clavicule.

Action. — Insertion inférieure fixe : La contraction d'un muscle produit l'inclinaison de la tête et la rotation, portant le menton du côté opposé ; en se contractant ensemble, ils fléchissent la tête.

Insertion supérieure fixe : Ils soulèvent le sternum et par suite le thorax (inspiration).

b. *Scalènes antérieur* et *postérieur*. — Ils sont situés derrière le précédent.

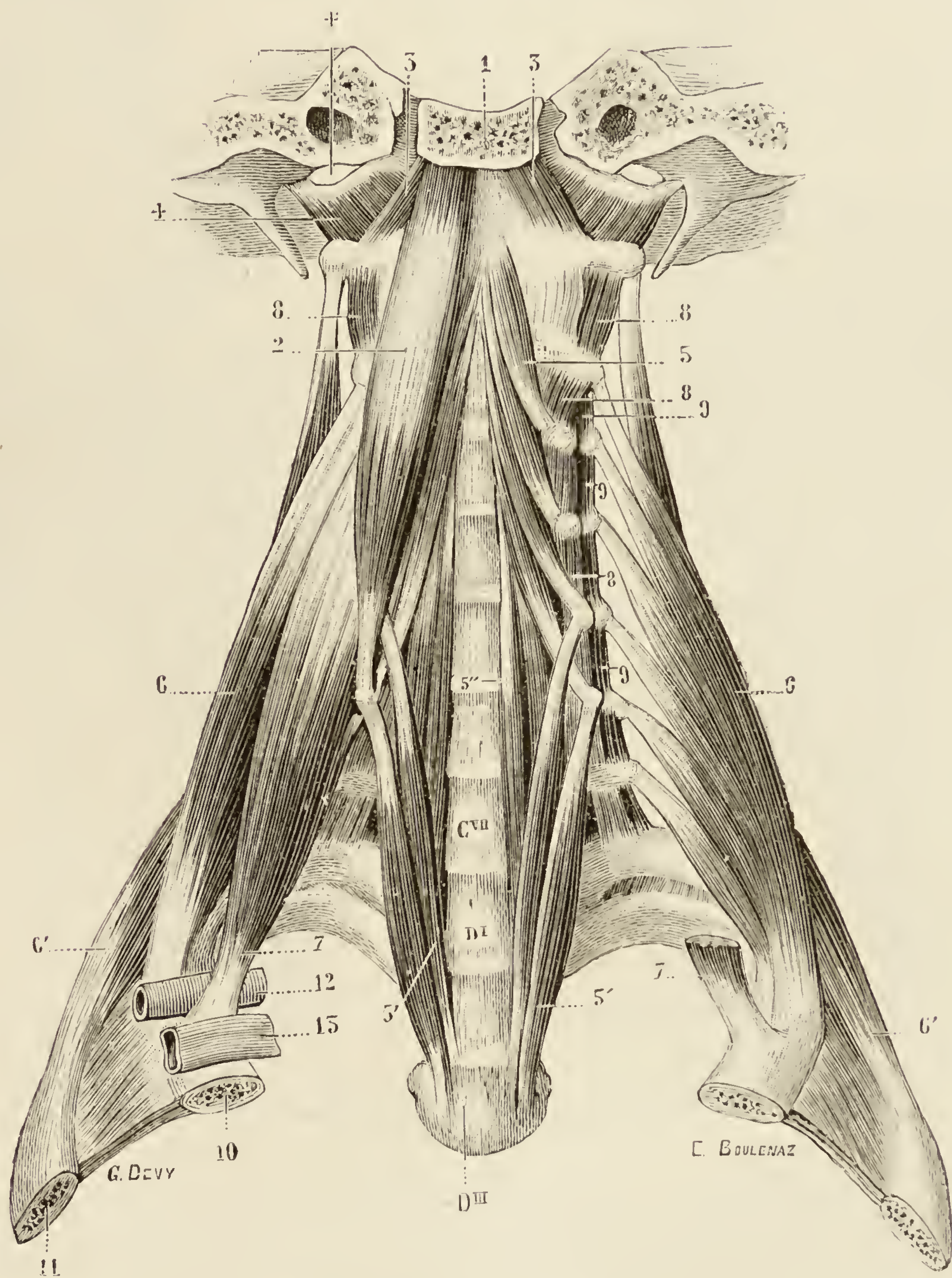


Fig. 114. — Muscles du cou, scalènes et région prévertébrale (Testut, *Anatomie humaine*).

1, occipital. — 2, 3, 4, 5, 5′, 5″, muscles prévertébraux. — 6, scalène postérieur, avec 6′, son insertion à la seconde côte. — 7, insertion du scalène antérieur à la première côte. — 10, 11, première et deuxième côtes. Cvii septième vertèbre cervicale. Di, Diii, première et troisième vertèbres dorsales.

Ins. sup. — Apophyses transverses des vertèbres cervicales.

Ins. inf. L'antérieure sur la 1re, le postérieur sur la 1re et la 2e côtes.

Action. — Insertion supérieure fixe : Ils soulèvent les côtes (inspiration).

Insertion inférieure fixe : La contraction unilatérale incline la tête de leur côté ; bilatérale, elle rend rigide la colonne cervicale (port d'un fardeau sur la tête).

C. Région prévertébrale. — Ses muscles sont appliqués au devant de la portion cervicale de la colonne vertébrale et fléchissent celle-ci ainsi que la tête.

§ 2. — Muscles du dos et de la nuque

Les uns sont superficiels et *communs aux deux régions*, les autres occupent spécialement la *nuque ;* un troisième groupe musculaire est logé dans les *gouttières vertébrales*.

A. Muscles communs au dos et a la nuque. — Il y en a quatre importants, le *trapèze*, le *grand dorsal*, le *rhomboïde* et l'*angulaire de l'omoplate :* ils sont moteurs de ce dernier os et de l'épaule, qu'ils rattachent au tronc.

a. *Trapèze.* — Superficiel, plat et triangulaire, il a une base étendue de l'occipital à la dixième vertèbre dorsale et un sommet se terminant sur l'épaule.

Ins. interne. — Occipital et apophyses épineuses des dix premières dorsales.

Ins. externe. — Tiers externe de la clavicule, acromion et épine de l'omoplate.

Action. — Insertion thoracique fixe : Il rapproche l'omoplate de la colonne vertébrale et élève le moignon de l'épaule par ses fibres supérieures, qui attirent cette dernière directement en haut et par ses fibres inférieures, qui abaissent l'extrémité interne de l'épine scapulaire.

Insertion scapulaire fixe : Le faisceau occipital incline la tête de son côté, avec rotation portant le menton du côté opposé ; le faisceau dorsal soulève le corps (grimper, rétablissement).

b. *Grand dorsal.* — Il est également sous-cutané, mince et

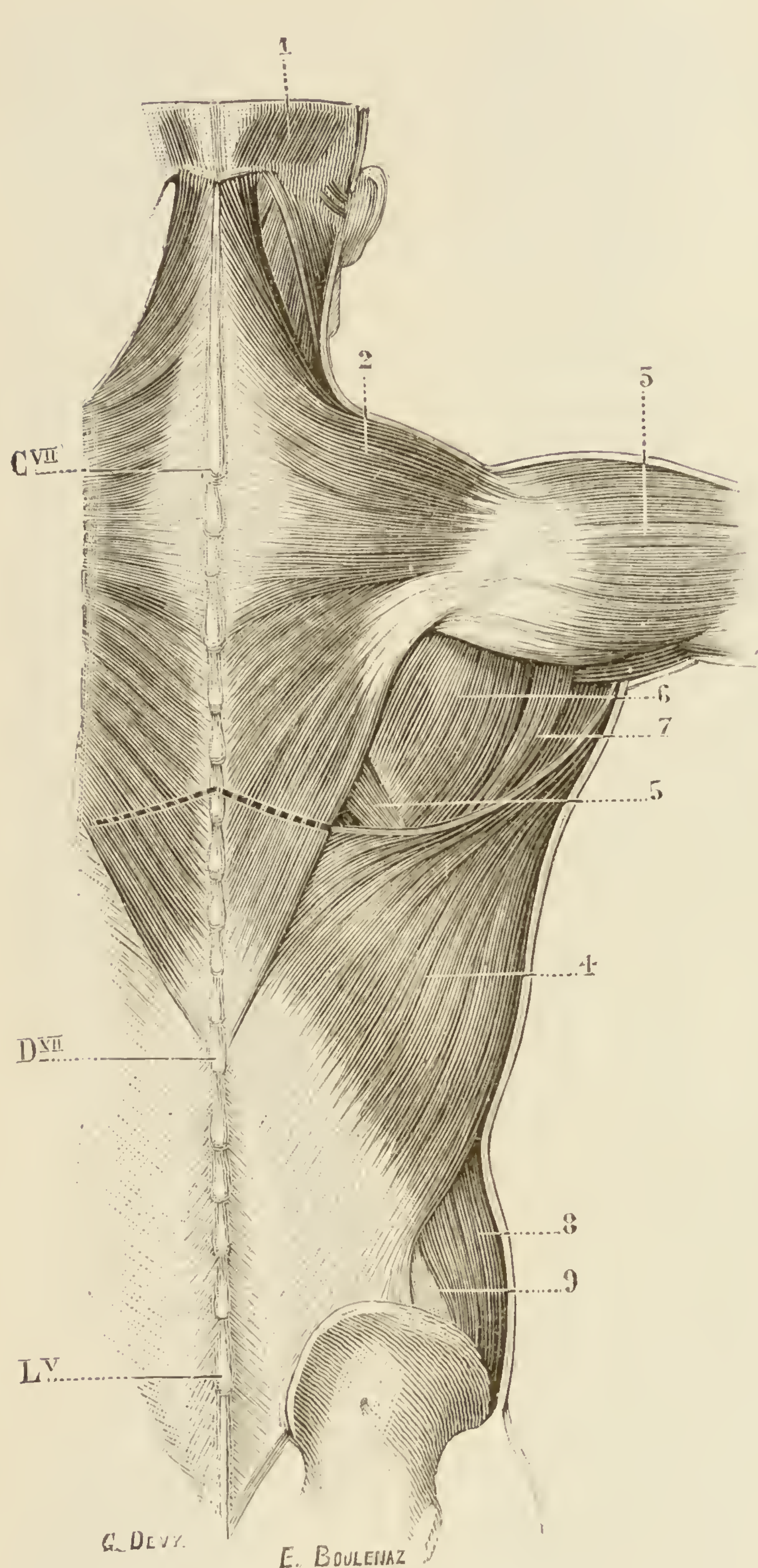


Fig. 115. — Muscles communs au dos et à la nuque, couche superficielle (Testut, *Anatomie humaine*).

2, trapèze. — 3, deltoïde. — 4, grand dorsal. — 5, rhomboïde. — 6, sous-épineux. — CVII, septième cervicale. — DXII, douzième dorsale. — LV, cinquième lombaire.

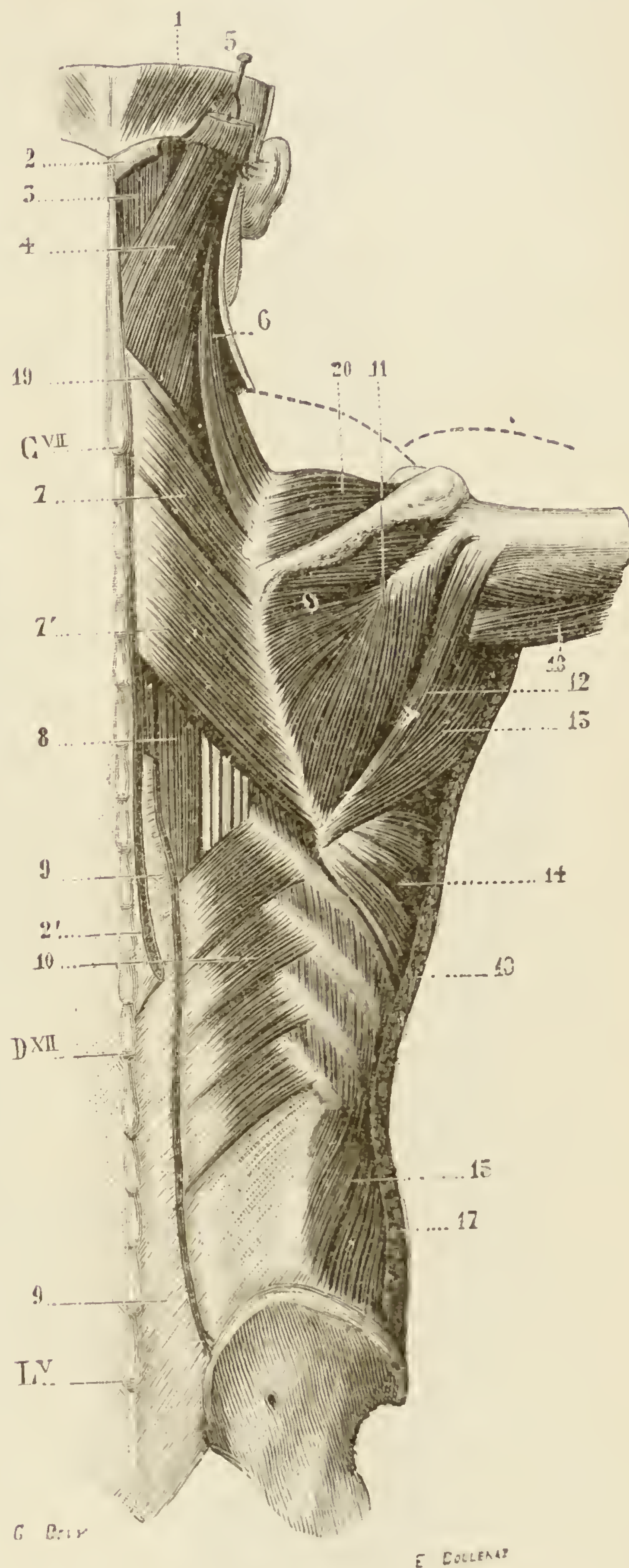


Fig. 116. — Muscles communs au dos et à la nuque, couche profonde (Testut, *Anatomie humaine*).

2, extrémité supérieure du trapèze. — 3, grand complexus. — 4, splénius. — 5, extrémité supérieure du sterno-cléido-mastoïdien, attirée en haut. — 6, angulaire de l'omoplate. — 7, 7'. rhomboïde. — 8, muscles spinaux. — 9, 9, insertions internes du grand dorsal. — 11, sous-épineux. — 12, 13, petit et grand ronds. — 14, grand dentelé. — 18, triceps brachial. — 20 sus-épineux. — CVII, septième cervicale. — DXII, douzième dorsale. — LV, cinquième lombaire.

triangulaire, avec une base répondant à la colonne vertébrale et

un sommet dirigé vers le creux de l'aisselle, dont le muscle forme le bord postérieur.

Ins. int. — Moitié inférieure de la crête vertébrale à partir de la sixième dorsale, tiers postérieur de la crête iliaque, face externe des trois dernières côtes.

Ins. ext. — Gros tendon fixé au bord interne de la gouttière bicipitale.

Action. — Insertion dorsale fixe : Il porte le bras en bas, en arrière et en dedans.

Insertion humérale fixe : Il soulève le corps (grimper) et les côtes (inspiration).

c. *Rhomboïde.* — Il va de la nuque obliquement en bas et en dehors à l'omoplate.

Ins. sup. — Apophyses épineuses des cinq dernières dorsales.

Ins. inf. — Bord interne de l'omoplate.

Action. — Antagoniste du trapèze, il abaisse le moignon de l'épaule, en faisant basculer l'omoplate, dont il attire l'angle inférieur en dedans.

d. *Angulaire de l'omoplate.* — Il est parallèle au précédent et situé au-dessus de lui.

Ins. sup. — Apophyses transverses des cinq premières cervicales.

Ins. inf. — Angle supérieur de l'omoplate.

Action. — Synergique du rhomboïde, il contribue à l'abaissement de l'épaule, en attirant en haut et en dedans l'angle supérieur de l'omoplate.

B. Muscles de la nuque. — Situés au voisinage du squelette et recouverts par le trapèze, ils produisent l'extension, la rotation ou l'inclinaison de la tête et de la partie supérieure de la colonne vertébrale, en agissant surtout sur les articulations de l'atlas avec l'occipital et avec la dent de l'axis.

Les trois plus importants sont le *splénius*, le *grand* et le *petit complexus*.

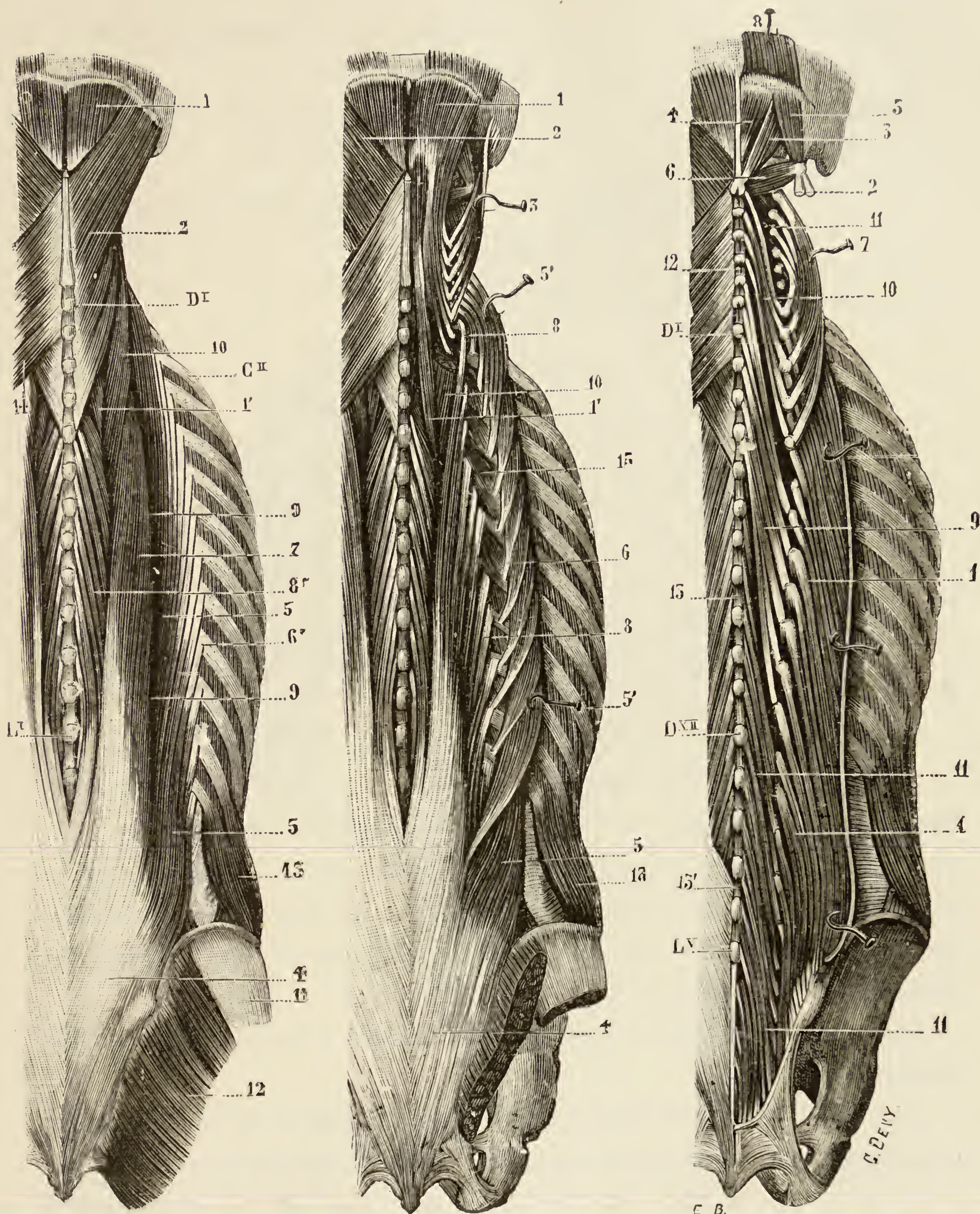


Fig. 117 et 118. — Muscles de la nuque et des gouttières vertebrales (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand complexus. — 2, sphénius. — 3, petit complexus rejeté en dehors. — 4, masse commune. — 5, 5', muscle sacro-lombaire, avec 6 et 6', ses faisceaux costaux. — 7, muscle long dorsal, avec 8, ses faisceaux costaux visibles sous le sacro-lombaire incliné en dehors, et 8', ses insertions vertébrales. — 13, grand oblique de l'abdomen. — CII, deuxième côte. — DI, première vertèbre dorsale. — LI, première lombaire.

Fig. 119. — Muscles des gouttières vertébrales : le transversaire épineux (Testut, *Anatomie humaine.*)

1, long dorsal récliné en dehors. — 8, extremité supérieure du grand complexus relevé en haut. — 9, 10, 11, 12, faisceaux du transversaire épineux. — DI, première dorsale. — DXII, douzième dorsale. — LV, cinquième lombaire.

a. *Splénius.* — Il se dirige de l'occiput obliquement en bas et en dedans sur les vertèbres dorsales.

Ins. sup. — Apophyse mastoïde et région voisine de l'occipital ; apophyses transverses des deux premières cervicales.

Ins. inf. — Apophyses épineuses des cinq premières dorsales.

Action. — Contraction uni-latérale : Extension de la tête et de la colonne cervicale supérieure avec inclinaison latérale et rotation portant la face du côté correspondant.

Contraction bilatérale : Extension de la tête.

b. *Grand* et *petit complexus.* — Ils sont placés sous le précédent ; leur bord interne délimite le sillon de la nuque.

Ins. sup. — Apophyse mastoïde et occipital.

Ins. inf. — Apophyses transverses des cinq dernières cervicales et des cinq premières dorsales.

Action. — La contraction bilatérale produit le renversement de la tête en arrière.

C. Muscles des gouttières vertébrales. — Trois muscles, dits *muscles spinaux*, les remplissent, en s'étendant du sacrum à la région cervicale ; confondus en bas en une *masse commune*, ils se séparent en haut et forment deux plans : un superficiel, constitué par le *sacro-lombaire* en dehors et le *long dorsal* en dedans, un profond comprenant le *transversaire épineux*.

Ins. inf. — La masse commune s'attache à toute la face postérieure du sacrum.

Ins. sup. — Sacro-lombaire : Il fournit une série de faisceaux s'insérant aux douze côtes, au niveau de leur courbure postérieure.

Long dorsal : Il donne également naissance à des faisceaux s'insérant sur les vertèbres lombaires et dorsales et sur les côtes.

Transversaire épineux : Il s'étend jusqu'à la deuxième cervicale et se compose d'une multitude de languettes allant obliquement des apophyses transverses d'une vertèbre aux apophyses épineuses sus-jacentes.

Action. — Contraction uni-latérale : Inclinaison de la colonne vertébrale avec rotation du côté du muscle.

Contraction bilatérale : Extenseurs de la colonne

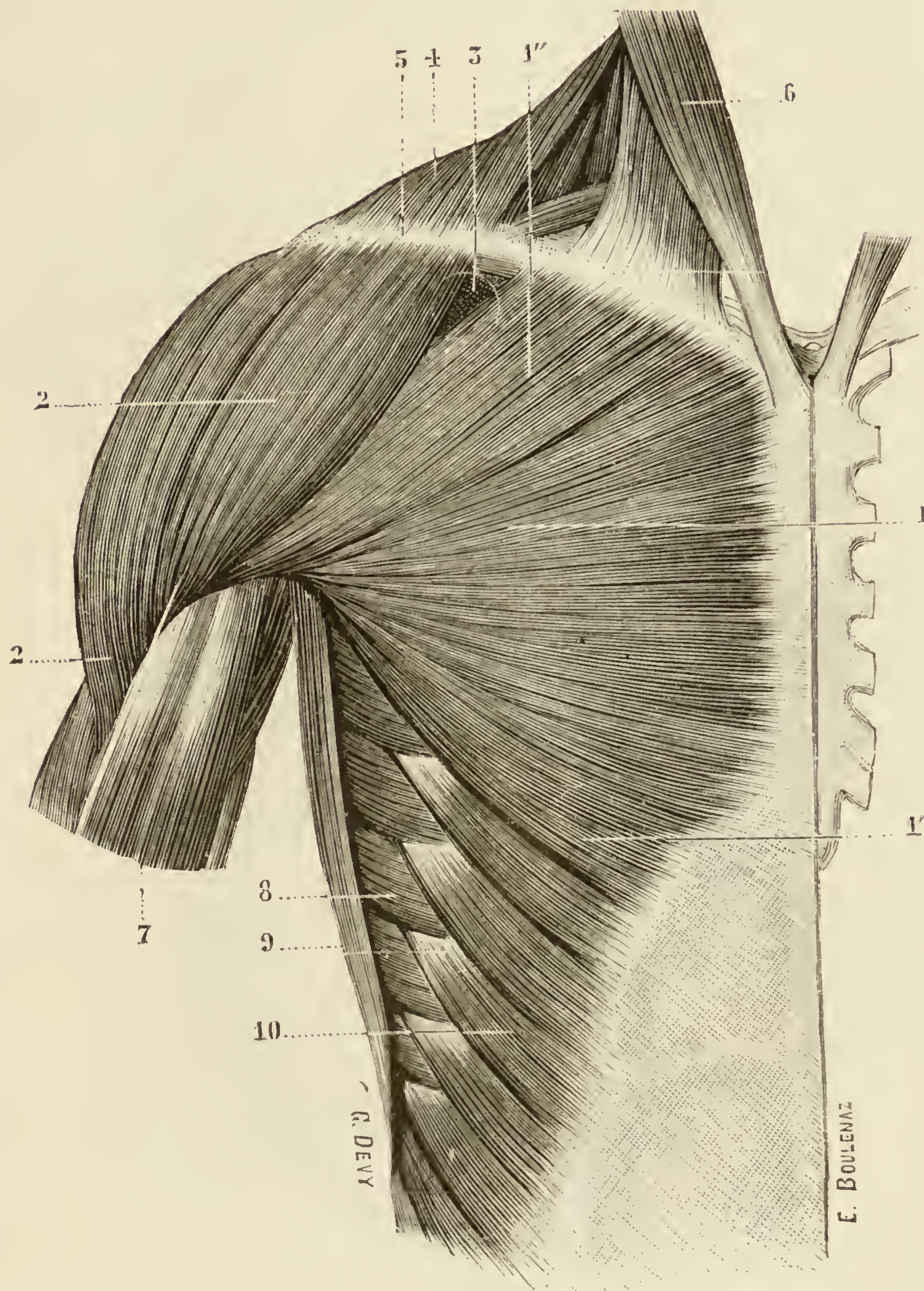


Fig. 120. — Muscles superficiels de la paroi antérieure du thorax (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand pectoral, avec 1', son bord inférieur, et 1'', son bord supérieur. — 2, 2, deltoïde. — 4, trapèze. — 5, clavicule. — 6, sterno-cléido-mastoïdien. — 8, grand dentelé. — 9, grand dorsal. — 10, grand oblique de l'abdomen.

vertébrale, ils la redressent, quand elle est fléchie, ou la renversent en arrière, quand elle est droite. Leur tonicité est en lutte constante contre le poids des viscères et la tendance du corps à s'incliner en avant par le fait de la pesanteur.

§ 3. — Muscles du thorax

Les muscles du thorax se répartissent en trois régions comme suit :

Région extra-thoracique : grand et *petit pectoral, grand dentelé ;*
Région costale : .... intercostaux ;
Région intra-thoracique : diaphragme.

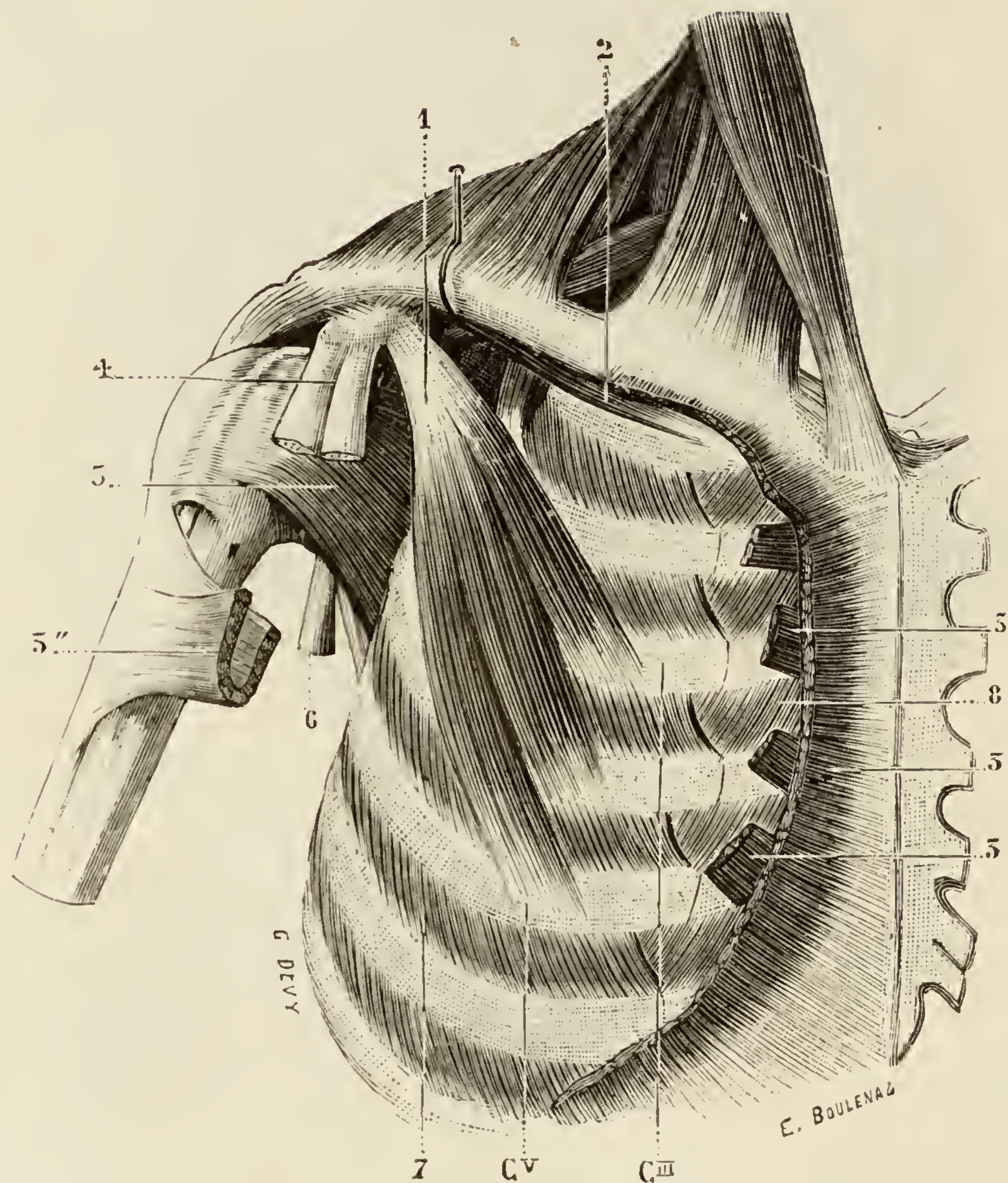


Fig. 121. — Muscles profonds de la paroi antérieure du thorax (Testut, *Anatomie humaine*).

1, petit pectoral. — 3, insertions sternales, et 3', 3', insertions costales du grand pectoral ; 3'', son insertion à l'humérus. — 4, courte portion du biceps et coraco-brachial. — 5, sous-scapulaire. — 6, longue portion du triceps. — 7, intercostaux externes. — 8, intercotaux internes. — CIII, CV, troisième et cinquième côtes.

Ceux de la première région vont de la paroi antéro-supérieure du thorax au membre supérieur, dont ils sont moteurs ; les autres sont moteurs des côtes.

A. Région extra-thoracique. — a. *Grand pectoral.* — Muscle

large et triangulaire, il se dirige transversalement du thorax vers le creux de l'aisselle, dont il constitue le bord et la paroi antérieure.

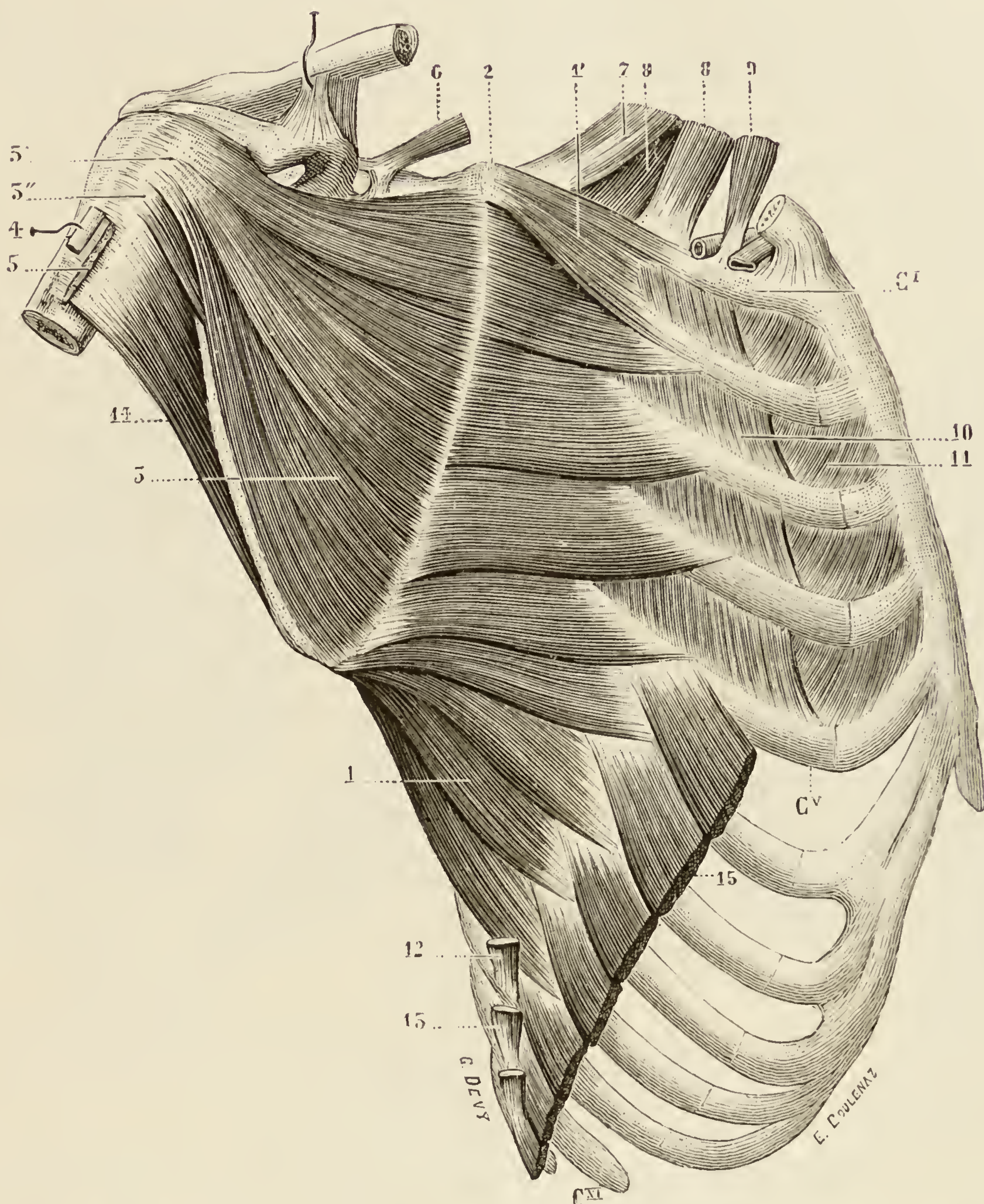


Fig. 122. — Muscles de la région latérale du thorax (Testut, *Anatomie humaine*).
(La clavicule a été sciée et l'épaule rejetée en arrière).

1, 1', grand dentelé. — 3, 3', sous-scapulaire. — 4, longue portion du biceps. — 5, tendon du grand dorsal. — 7, angulaire de l'omoplate. — 8, 8, scalène postérieur. — 9, scalène antérieur. — 10, intercostaux externes. — 11, intercostaux internes. — 15, grand oblique de l'abdomen.

Ins. int. — Deux tiers internes de la clavicule, sternum et cartilages costaux.

Ins. ext. — Bord externe de la gouttière bicipitale.

Action. — Insertion thoracique fixe : Il abaisse le bras élevé, le porte en avant et en dedans (croiser les bras).

Insertion humérale fixe : Il élève les côtes (inspiration) et le tronc (grimper).

b. *Petit pectoral.* — Triangulaire aussi, il est situé sous le précédent et va des côtes obliquement en haut et en dehors à l'omoplate.

Ins. int. — Face externe des 3e, 4e et 5e côtes.

Ins. ext. — Apophyse coracoïde.

Action. — Insertion thoracique fixe : Synergique du rhomboïde et de l'angulaire, il abaisse le moignon de l'épaule, en faisant basculer l'omoplate, dont il rapproche l'angle inférieur de la colonne vertébrale.

Insertion coracoïde fixe : Il élève les côtes (inspiration).

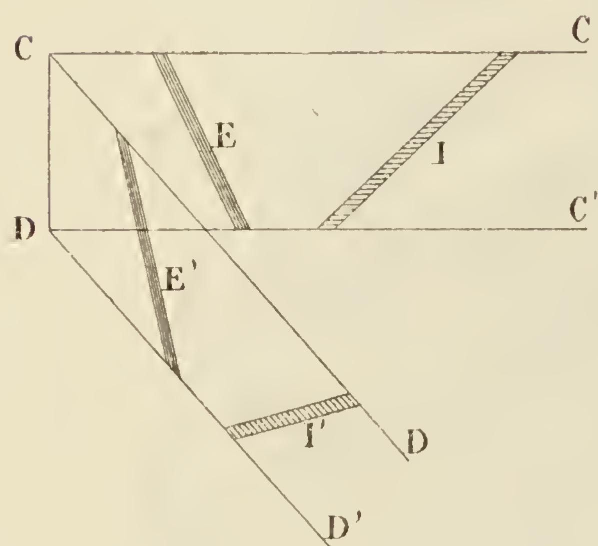


Fig. 123. — Schéma démontrant l'action des inter-costaux (Hédon, *Précis de physiologie*).

E, muscle intercostal externe dans l'inspiration, plus court que dans la position d'expiration, E'. — I', muscle intercostal interne dans l'expiration, plus court que dans la position d'inspiration, I.

c. *Grand dentelé.* — Il est appliqué transversalement sur la paroi latérale du thorax et va à l'omoplate.

Ins. ant. — Un faisceau distinct pour chacune des huit premières côtes.

Ins. post. Bord interne de l'omoplate.

Action. — Insertion thoracique fixe : Antagoniste du rhomboïde, il attire l'omoplate en avant et, action importante, l'applique contre la paroi thoracique.

Insertion scapulaire fixe : Élévation des côtes (inspiration).

B. Région costale. — Les *intercostaux* sont des muscles larges et minces, qui comblent les espaces du même nom, en réunissant la côte, qui est au-dessus, à celle qui est au-dessous ; chaque espace est fermé par deux couches, l'une externe, *intercostaux externes*, l'autre interne, *intercostaux internes* ; les premiers descendent obliquement d'arrière en avant, les seconds vont en sens inverse et croisent les précédents.

Ins. sup. — Lèvres externe et interne du bord inférieur de la côte supérieure.

Ins. inf. — Lèvres externe et interne du bord supérieur de la côte sous-jacente.

Action. — Normalement ils jouent le rôle de simples parois élastiques et n'entrent en activité que dans les mouvements respiratoires intenses, mais on n'est pas d'accord sur le rôle

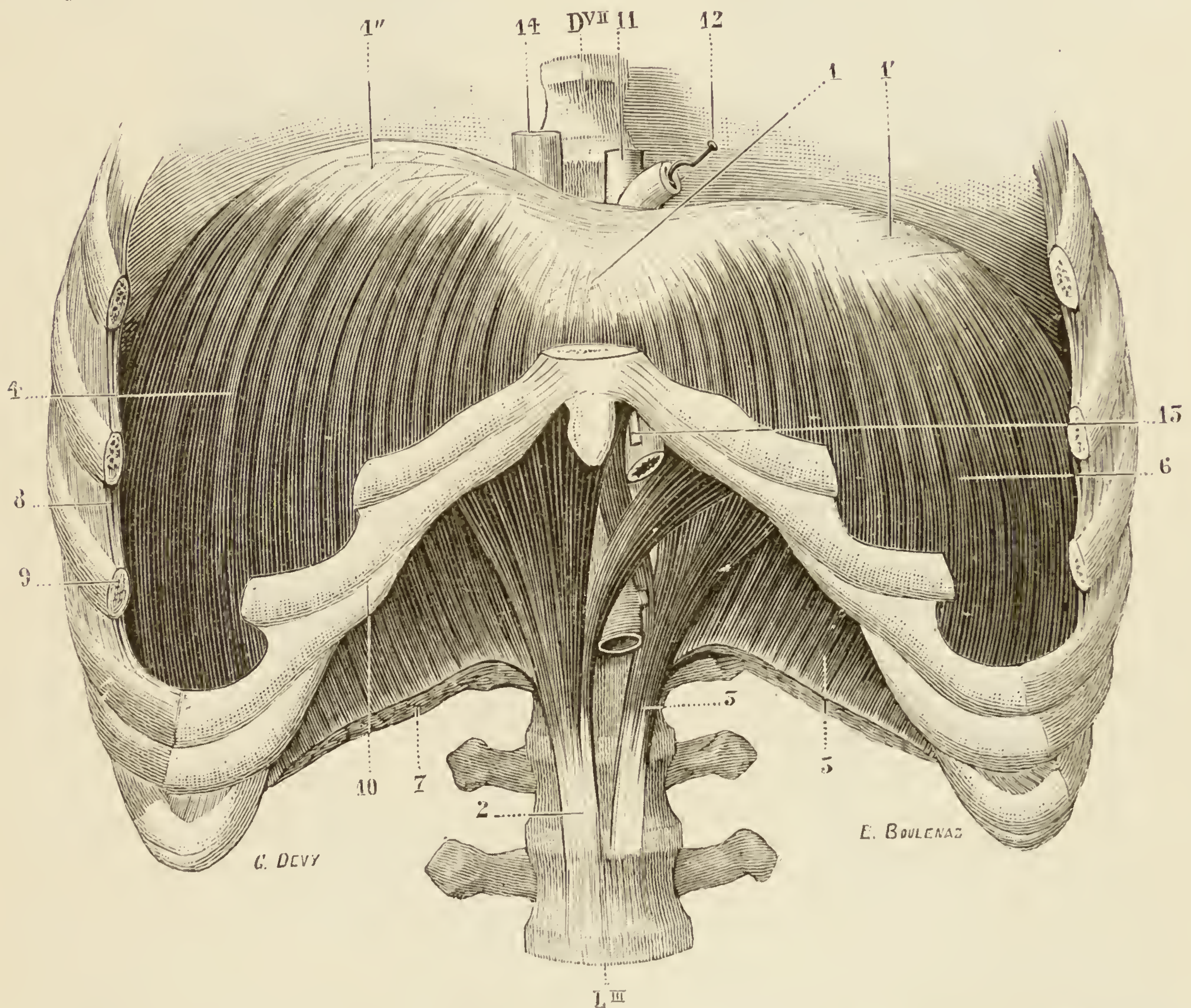


Fig. 124. — Diaphragme, vu par sa face convexe (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1′, 1″, centre phrénique. — 2, 3, piliers du diaphragme. — 4, 6, faisceaux charnus s'insérant sur les côtes. — 11, 12, 14, œsophage, aorte et veine cave inférieure traversant le diaphragme. — DVII, septième dorsale. — LIII, troisième lombaire.

inspiratoire ou expiratoire des uns et des autres ; l'expérience paraît toutefois établir que les intercostaux externes sont inspirateurs et les internes au contraire expirateurs.

C. Région intra-thoracique. — Le *diaphragme*, muscle large et plat en forme de dôme à concavité inférieure, est étendu trans-

versalement entre la cavité thoracique et la cavité abdominale, qu'il sépare. Il comprend une portion centrale, fibreuse, *le centre phrénique*, et une partie périphérique charnue, qui s'insère d'une part sur la circonférence inférieure du thorax, plus exactement sur la face postérieure de l'appendice xyphoïde et l'extrémité antérieure des six dernières côtes, et d'autre part sur le corps des trois premières lombaires par deux gros faisceaux appelés *piliers du diaphragme*.

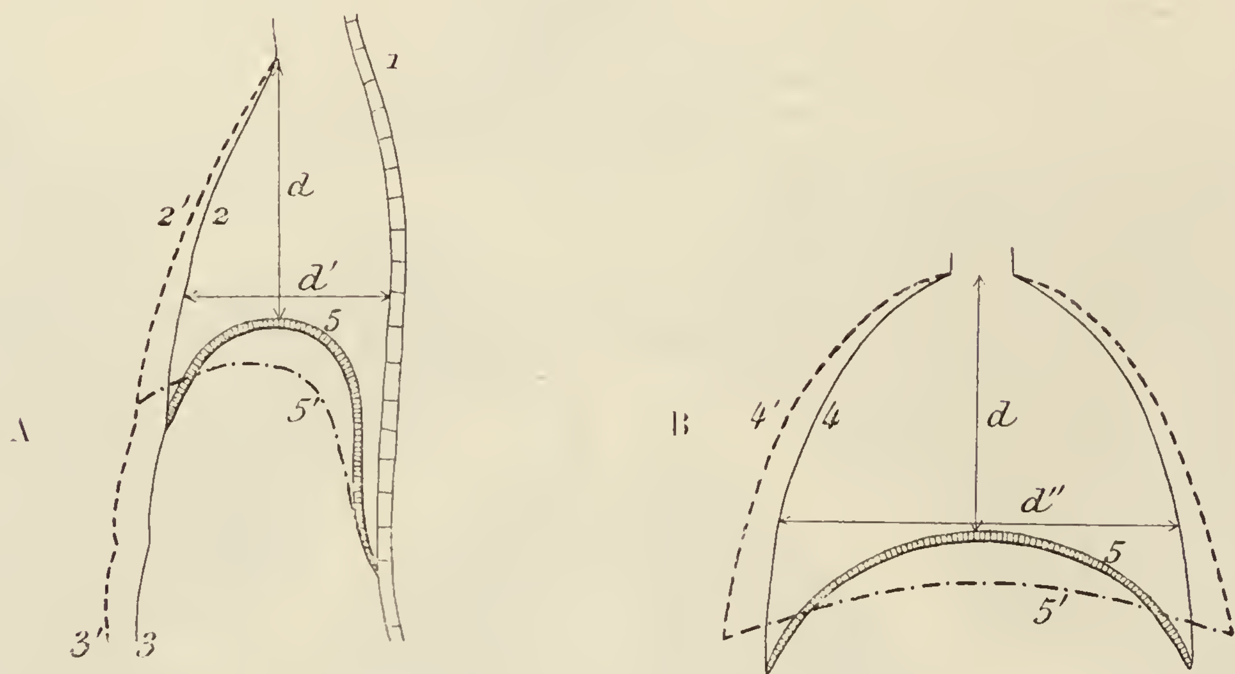


Fig. 125. — Schéma représentant l'agrandissement des trois diamètres thoraciques sous l'influence de la contraction du diaphragme.

A, coupe antéro-postérieure du thorax. — B, coupe transversale. — 1, colonne vertébrale. — 2, 2', sternum en expiration et en inspiration. — 3, 3', paroi abdominale en expiration et en inspiration. — 4, 4', côtes en expiration et en inspiration. — 5, 5', diaphragme en expiration et en inspiration. — *d*, *d'*, *d''*, diamètres vertical, antéro-postérieur et transverse du thorax.

Action. — C'est le muscle inspirateur par excellence, dont la contraction augmente à la fois les trois diamètres du thorax. La courbure du dôme se redresse d'abord et agrandit le diamètre vertical, en comprimant les viscères abdominaux, qui soulèvent la paroi abdominale dans l'inspiration; en outre, les faisceaux costaux, prenant le centre phrénique comme insertion fixe, élèvent les côtes, qui par un double déplacement en dehors et en avant agrandissent les deux autres diamètres du thorax.

§ 4. — Muscles de l'abdomen

Au nombre de 5, ils forment deux groupes :

Région antéro-latérale : *grand* et *petit oblique*, *transverse*, *grand droit* ;

Région postérieure : carré des lombes.

Ceux de la première région ferment la cavité abdominale en avant et sur les côtés et vont de la base du thorax à la circonférence supérieure du bassin ; les trois premiers, constitués par autant de minces lames superposées, forment un demi-cylindre creux de

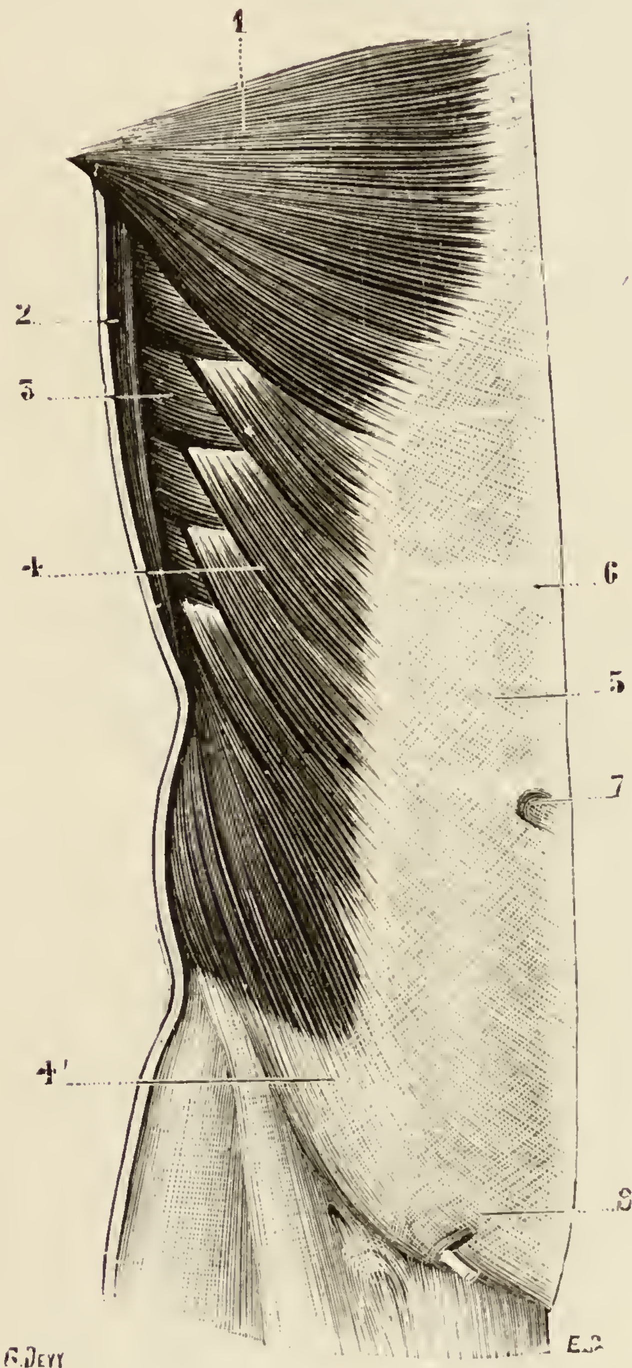


Fig. 126. — Muscles de la région antéro-latérale de l'abdomen, couche superficielle (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand pectoral. — 2, grand dorsal. — 3, grand dentelé. — 4, grand oblique, avec 4', son insertion antérieure sur une aponévrose. — 5, muscle grand droit dans sa gaine. — 6, ligne blanche. — 7, ombilic.

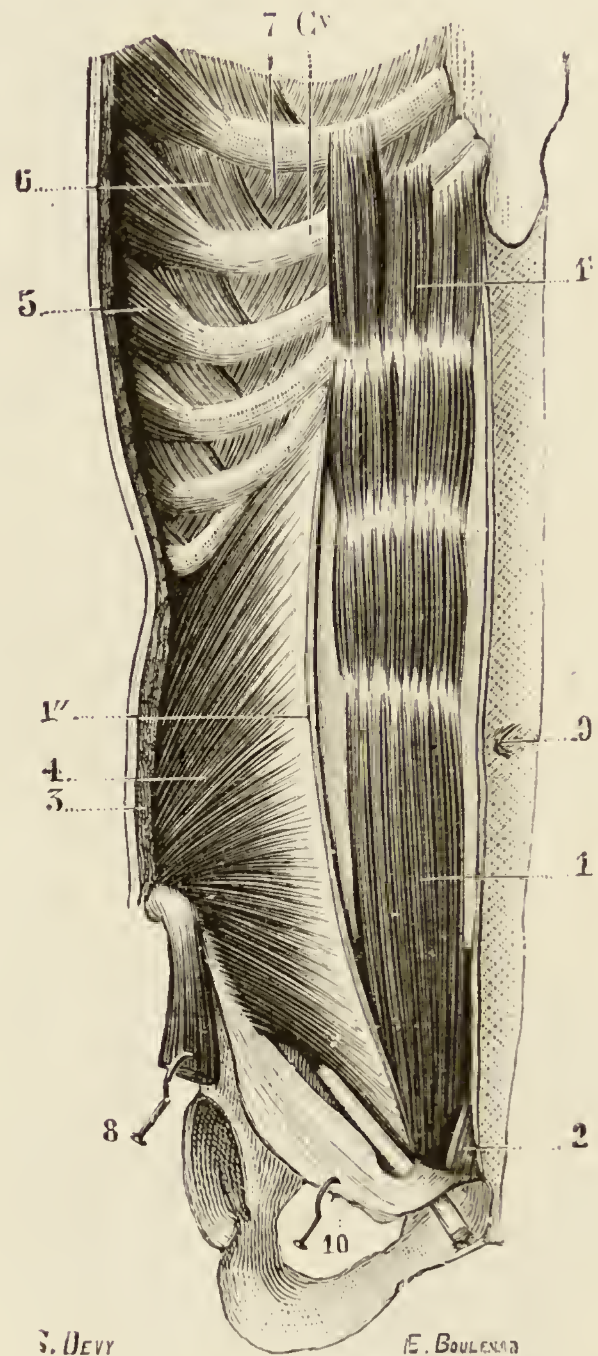


Fig. 127. — Muscles de la région antéro-latérale de l'abdomen, couche moyenne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand droit dans sa gaine ouverte. — 1', ses insertions supérieures. — 3, coupe du grand oblique. — 4, petit oblique. — 5, grand dentelé. — 6, 7, intercostaux externes et internes. — 9, ombilic. — 10, aponévrose du grand oblique. — Cvi, sixième côte.

chaque côté du corps, le grand droit est, au contraire, vertical et longe la ligne médiane antérieure. Antagonistes des muscles spinaux, ils sont fléchisseurs et rotateurs du thorax et du tronc et mettent en jeu les articulations intrinsèques de la colonne vertébrale ; ils abaissent, en outre, les côtes.

Le carré des lombes comble en arrière l'espace entre les côtes et l'os iliaque, de chaque côté de la colonne lombaire.

A. Région antéro-latérale. — a. *Grand oblique*. — Le plus superficiel des muscles latéraux, il est plat et quadrilatère et se dirige des côtes obliquement en bas, en avant et en dedans.

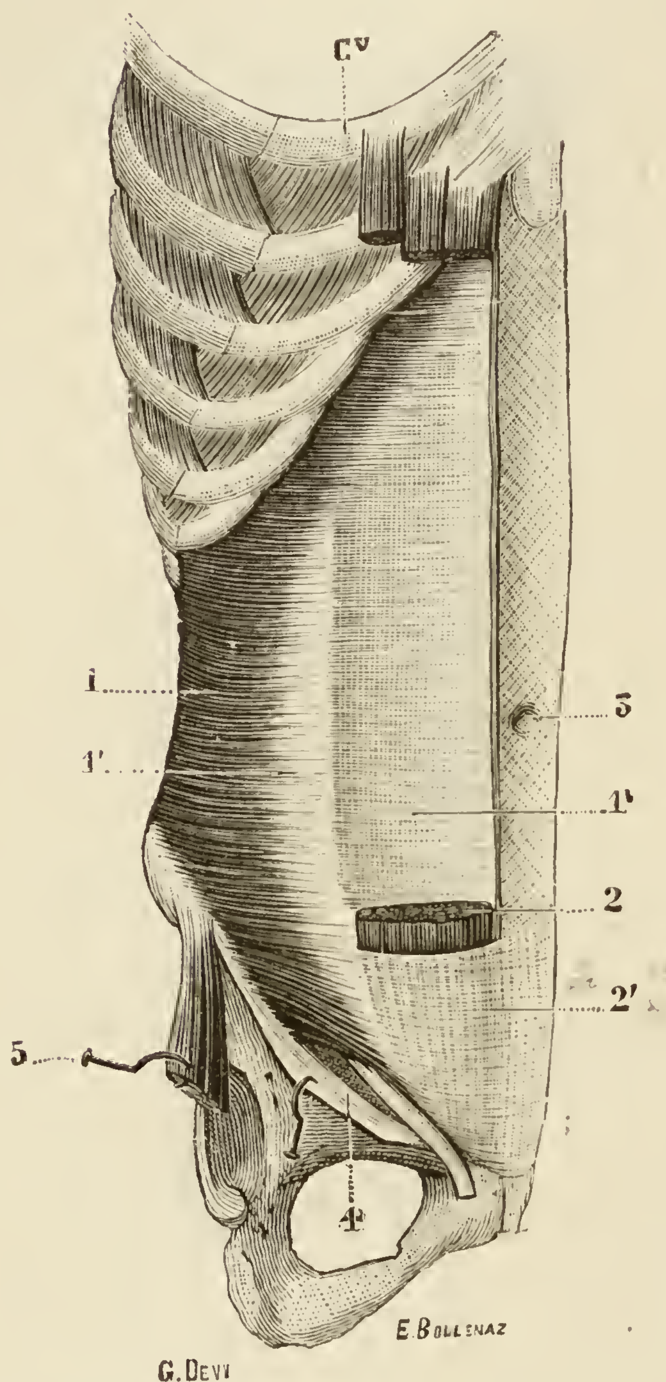


Fig. 128. — Muscles de la région antéro-latérale de l'abdomen, couche profonde (Testut, *Anatomie humaine*).
1, muscle transverse, avec 1', son aponévrose. — 2, grand droit sectionné en travers. — 2', sa gaine. — 3, ombilic. — Cv, cinquième côte.

Ins. sup. — Face externe des huit dernières côtes.

Ins. inféro-médiane. — Il s'insère en bas sur la moitié antérieure de la crête iliaque ; le reste de ses fibres se jette sur une lame nacrée, qui s'entre-croise sur la ligne médiane, entre l'appendice xyphoïde et le pubis, avec celle du côté opposé en formant la *ligne blanche*.

Action. — Insertion iliaque fixe : La contraction bilatérale abaisse les côtes (expiration), fléchit le thorax sur le bassin, comprime l'abdomen (défécation) ; uni-latérale, elle fait tourner le thorax et porte sa face antérieure du côté opposé.

Insertion costale fixe : Flexion du bassin, qui se rapproche des côtes.

b. *Petit oblique*. — Placé sous le précédent, de même forme, mais à direction inverse, il va de l'os iliaque aux côtes et à la ligne blanche.

Ins. inf. — Trois quarts antérieurs de la crête iliaque.

Ins. supéro-médiane. — Face externe des quatre derniers cartilages costaux ; le reste se termine par une aponévrose, qui s'étend également de l'appendice xyphoïde au pubis et se confond sur la ligne blanche avec celle du grand oblique.

Action. — Elle est analogue à celle du grand oblique, sauf que la rotation porte la face antérieure du thorax du côté du muscle.

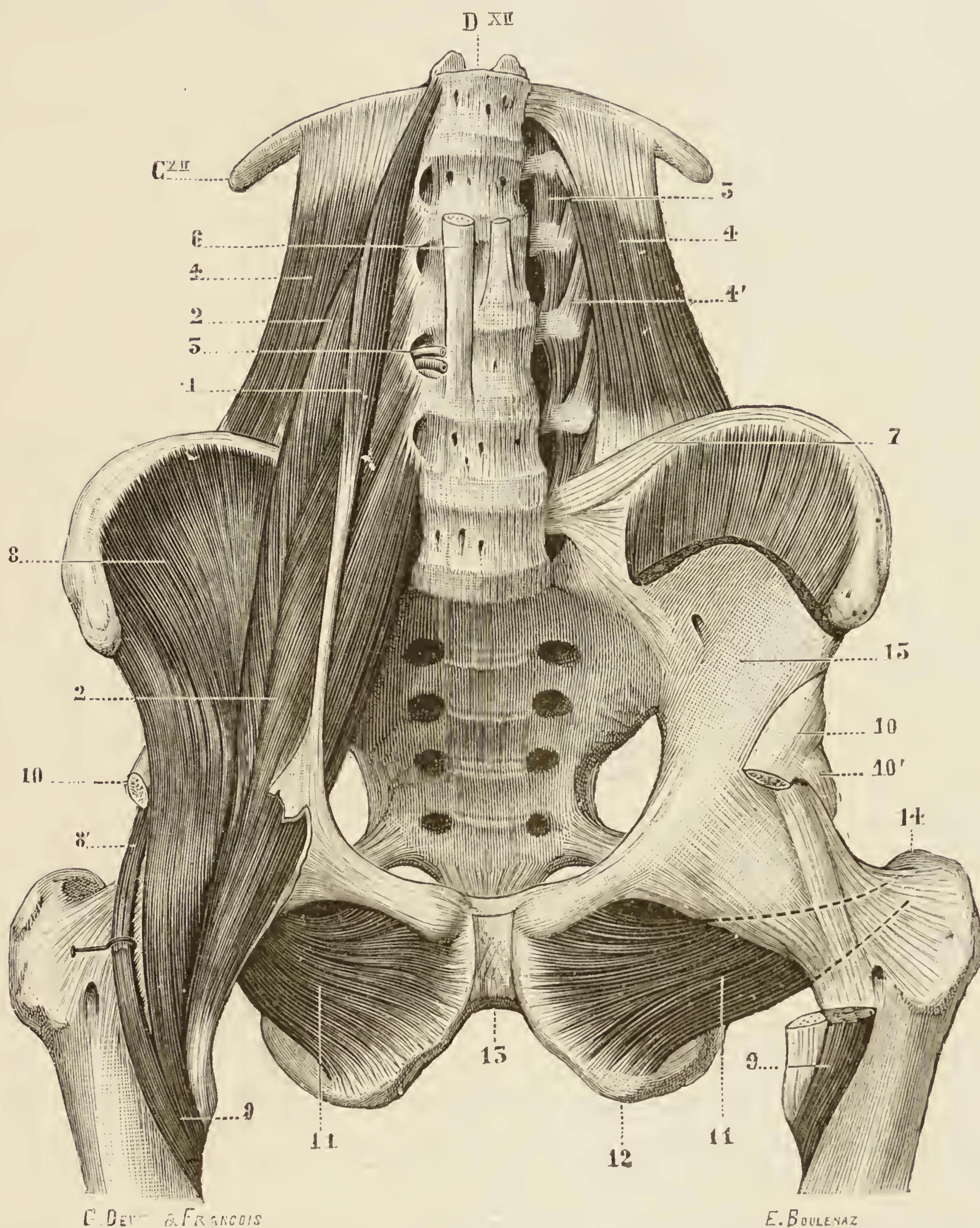


Fig. 129. — Muscles de la région postérieure de l'abdomen (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, 8, 9, psoas-iliaque. — 4, 4', carré des lombes. — 6, piliers du diaphragme. — 12, ischion. — 13, symphyse pubienne. — 14, grand trochanter. — 15, fosse iliaque interne. — Cxii, douzième côte. — Dxii, douzième vertèbre dorsale.

c. *Transverse.* — Il forme le troisième plan et s'étend transversalement de la colonne vertébrale à la ligne blanche.

Ins. post. — Face interne des six dernières côtes, vertèbres lombaires et trois quarts antérieurs de la crête iliaque.

Ins. ant. — Il se termine par une aponévrose, s'insérant également à la ligne blanche

Action. — Il comprime, à la manière d'une sangle, les viscères abdominaux (vomissement, défécation).

d. *Grand droit.* — C'est un large ruban musculaire, allant du sternum au pubis, de chaque côté de la ligne blanche:

Ins. sup. — Cartilages des cinquième, sixième et septième côtes et appendice xyphoïde.

Ins. inf. — Pubis.

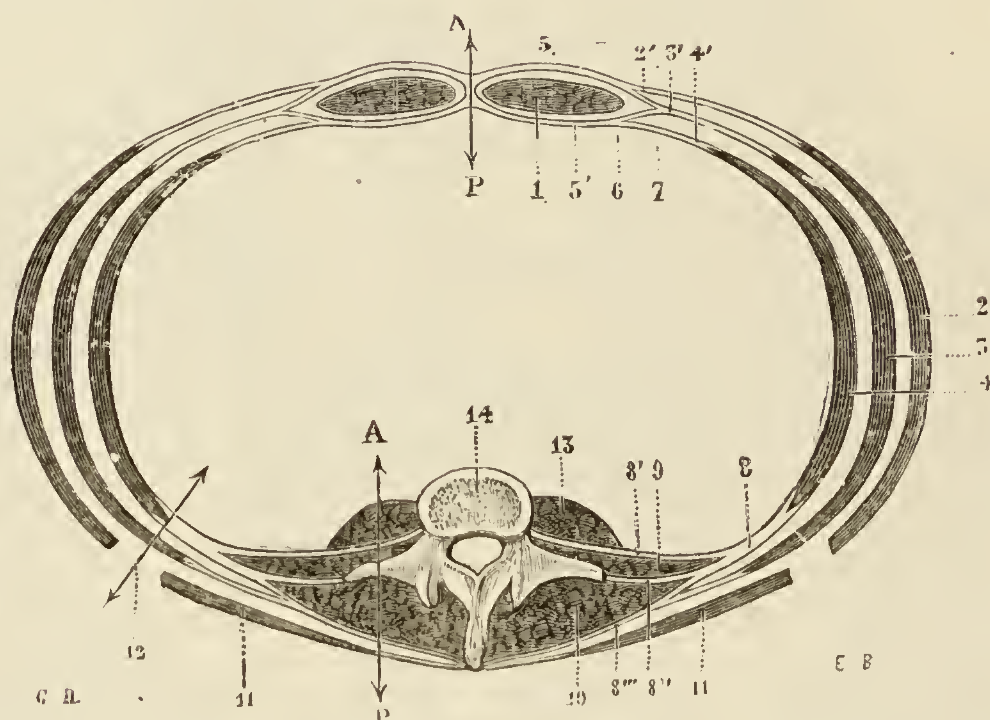


Fig. 130. — Coupe transversale de la paroi abdominale au-dessus de l'ombilic (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand droit. — 2, grand oblique, avec 2', son aponévrose. — 3, petit oblique, avec 3', son aponévrose. — 4, transverse, avec 4', son aponévrose. — 5, 5', gaine du grand droit. — 9, carré des lombes. — 10, masse commune des muscles spinaux. — 11, grand dorsal. — 13, psoas. — 14, colonne vertébrale.

Action. — Insertion costale fixe : Flexion du bassin sur le thorax.
Insertion pubienne fixe : Abaissement des côtes (expiration) et flexion du thorax.

B. Région postérieure. — Le *carré des lombes* est situé en avant des muscles spinaux et sur les côtés de la colonne vertébrale, entre la douzième côte et l'os iliaque.

Ins. sup. — Bord inférieur de la douzième côte.

Ins. inf. — Quart postérieur de la crête iliaque.

Action. — Il abaisse les côtes (expiration) et incline la colonne vertébrale de son côté.

CHAPITRE IV

MUSCLES DU MEMBRE SUPÉRIEUR

§ 1. — Muscles de l'épaule

L'épaule comprend 6 muscles disposés en trois couches :

Plan superficiel : *deltoïde* ;

Plan moyen : *sus* et *sous-épineux*, *grand* et *petit rond* ;

Plan profond : *sous-scapulaire*.

Ils rattachent à l'omoplate et à la clavicule le bras, dont ils produisent la rotation, l'élévation ou l'abaissement, en mobilisant l'articulation scapulo-humérale.

A. Plan superficiel. — *Le deltoïde* est le muscle le plus volumineux de l'épaule, il embrasse en un demi-cône à base supérieure l'articulation scapulo-humérale.

Ins. sup. — Tiers externe de la clavicule, acromion et épine de l'omoplate.

Ins. inf. — Empreinte deltoïdienne de l'humérus.

Action. — Élévation du bras ; les faisceaux antérieurs, l'attirent également en avant, les faisceaux postérieurs en arrière.

B. Plan moyen. — a. *Sus-épineux*. — Il est triangulaire et se dirige transversalement de l'omoplate à l'humérus.

Ins. int. — Fosse sus-épineuse.

Ins. ext. — Grosse tubérosité de l'humérus.

Action. — Rotation en dehors.

b. *Sous-épineux*. — Il est parallèle au précédent et de même forme,

Ins. int. — Fosse sous-épineuse.

Ins. ext. — Grosse tubérosité, au-dessous du précédent.

Action. — Rotation en dehors.

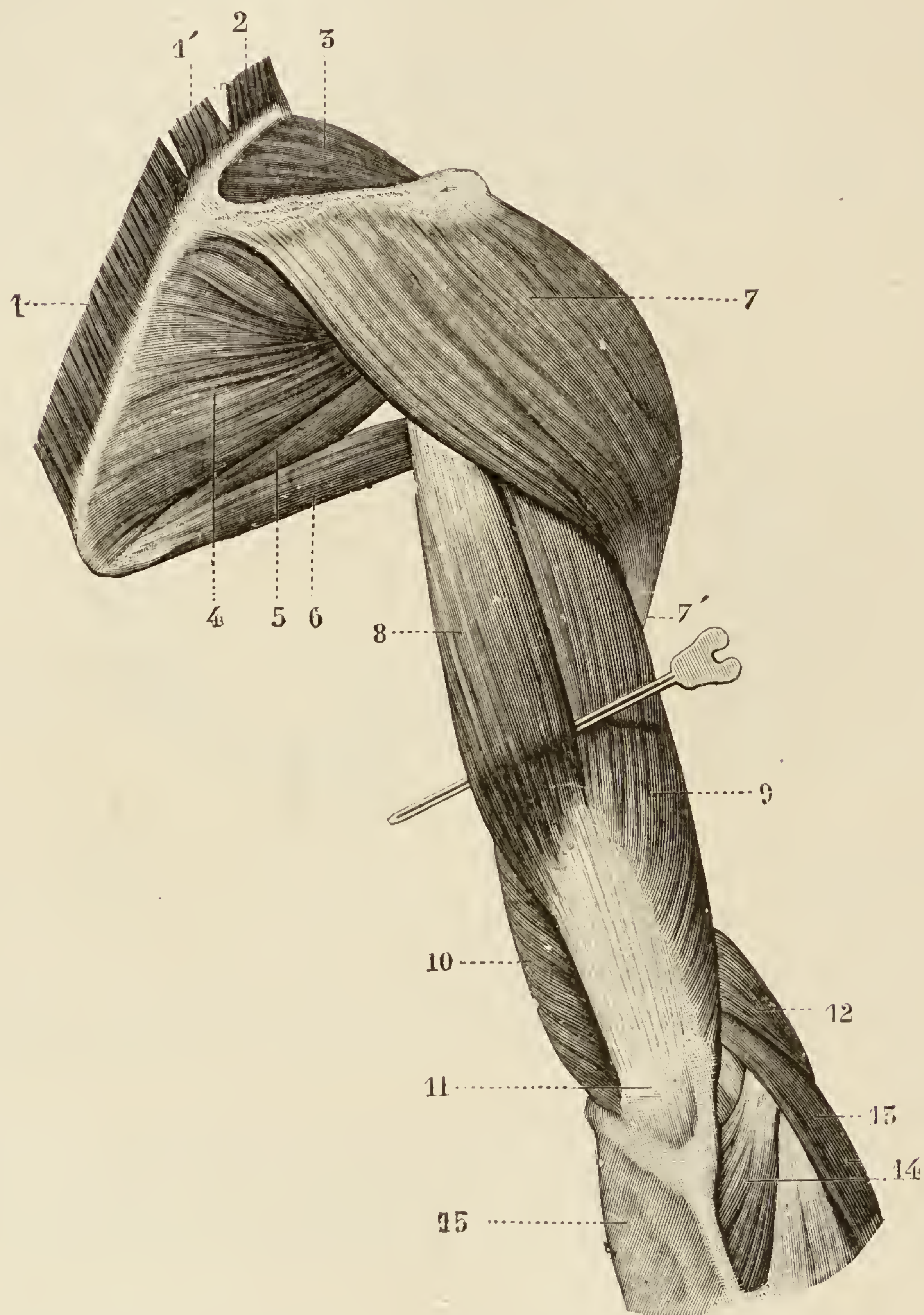


Fig. 131. — Muscles de l'épaule et du bras, vus par leur face postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', rhomboïde. — 2, angulaire de l'omoplate. — 3, sus-épineux. — 4, sous-épineux. — 5, petit rond. — 6, grand rond. — 7, deltoïde, avec 7', son insertion sur l'humérus. — 8, longue portion du triceps brachial. — 9, vaste externe. — 10, vaste interne. — 11, olécrâne.

c. *Petit rond.* — Il longe le bord inférieur du précédent.

Ins. int. — Moitié supérieure du bord axillaire de l'omoplate.

Ins. ext. — Grosse tubérosité de l'humérus.

Action. — Rotation en dehors.

d. *Grand rond.* — Il forme avec le grand dorsal la paroi postérieure du creux de l'aisselle.

Ins. int. — Moitié inférieure du bord axillaire de l'omoplate.

Ins. ext. — Bord interne de la gouttière bicipitale, avec le tendon du grand dorsal.

Action. — Rotation en dedans et adduction du bras.

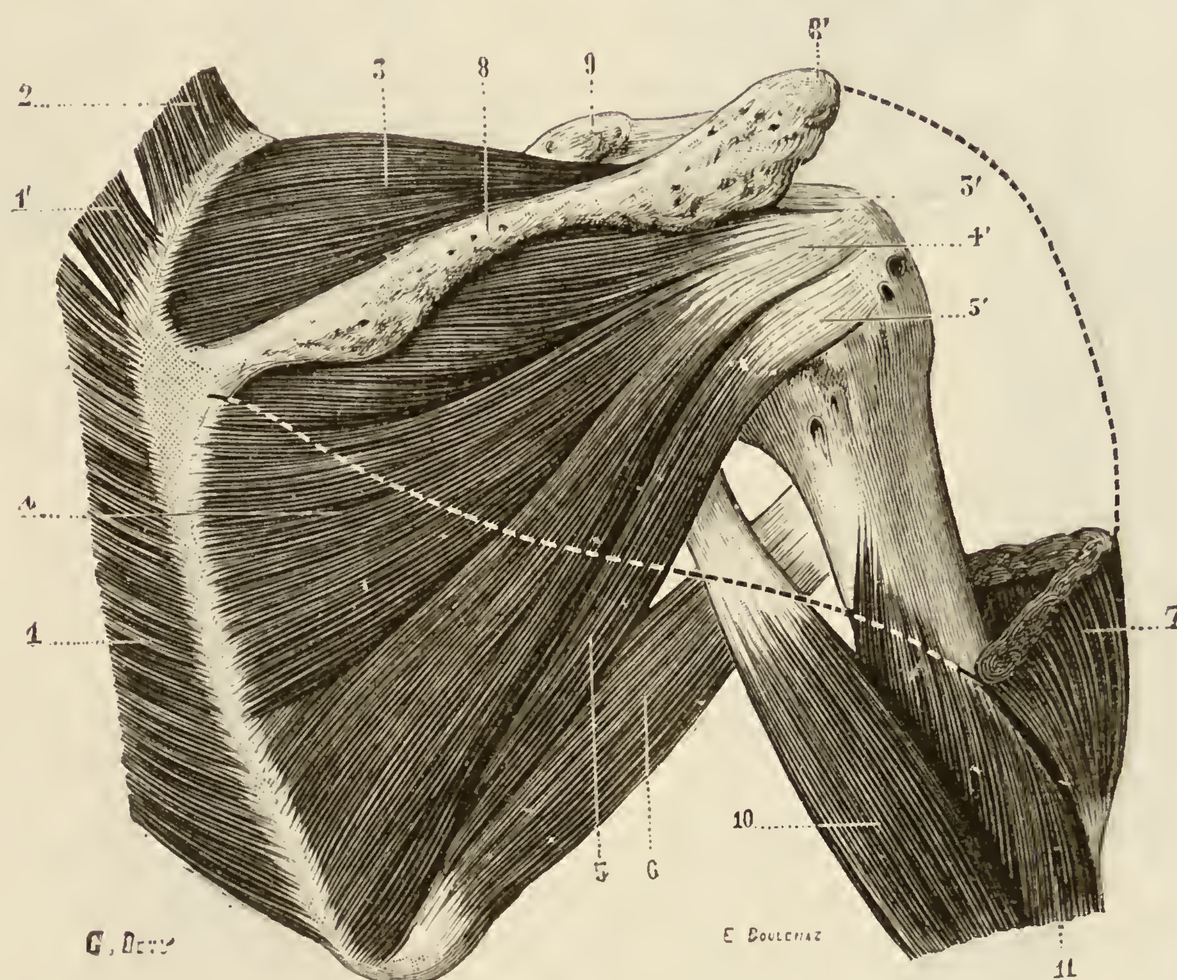


Fig. 132. — Muscles de l'épaule, couche moyenne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', rhomboïde. — 2, angulaire de l'omoplate. — 3, sus-épineux, avec 3', son insertion sur l'humérus. — 4, 4', sous-épineux. — 5, 5', petit rond. — 6, grand rond. — 7, deltoïde. — 8, épine de l'omoplate. — 8', acromion. — 9, apophyse coracoïde. — 10, longue portion du triceps. — 11, vaste externe.

C. Plan profond. — Le *sous-scapulaire* est un muscle épais, triangulaire, allant transversalement de l'omoplate à l'humérus.

Ins. int. — Fosse sous-scapulaire.

Ins. ext. — Petite tubérosité de l'humérus.

Action. — Rotation du bras en dedans et abaissement de l'humérus préalablement écarté du tronc.

§ 2. — Muscles du bras

Ils sont au nombre de 4 et forment deux régions :

Région antérieure : biceps, coraco-brachial, brachial antérieur ;

Région postérieure : triceps brachial.

Le coraco-brachial élève le bras, le biceps et le brachial anté-

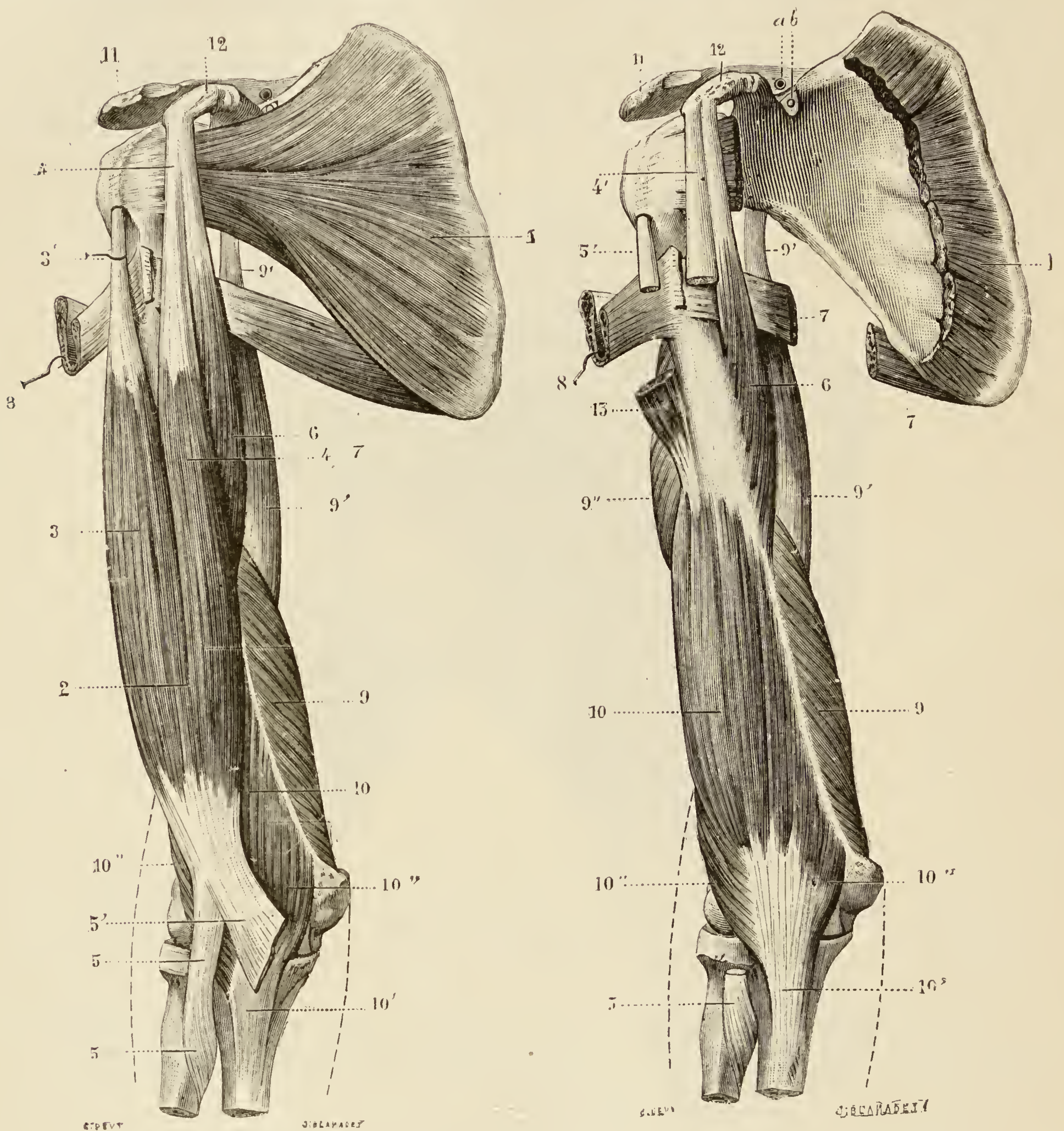


Fig. 133 et 134. — Muscles de l'épaule et du bras, vus par leur face antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, sous-scapulaire. — 2, biceps, avec 3, 3', sa longue, et 4, sa courte portion. — 5, son tendon inférieur. — 6, coraco-brachial. — 7, grand rond. — 8, tendon du grand pectoral, rejeté en dehors. — 9, vaste interne et 9, longue portion du triceps. — 10, brachial antérieur, avec 10', son insertion au cubitus. — 11, acromion. — 12, apophyse coracoïde. — 13, tendon du deltoïde.

rieur fléchissent l'avant-bras; le triceps, antagoniste des deux derniers, est extenseur de l'avant-bras.

A. Région antérieure. — a. *Biceps brachial.* — Muscle long,

allant de l'omoplate au radius, il présente en haut deux chefs, appelés *la longue* et *la courte portion du biceps*, qui se fusionnent au milieu du bras en un ventre unique.

Ins. sup. — La longue portion est représentée par un mince tendon, qui est logé dans la gouttière bicipitale, transformée en canal ostéo-fibreux ; ce tendon traverse la capsule articulaire, contourne la tête humérale et s'insère sur le rebord supérieur de la cavité glénoïde.

La courte portion part du sommet de l'apophyse coracoïde.

Ins. inf. — Tubérosité bicipitale du radius.

Action. — Insertion scapulaire fixe : Flexion de l'avant-bras (articulation du coude), supination du radius préalablement en pronation (articulations radio-cubitales), élévation du bras (articulation de l'épaule).

Insertion radiale fixe : Flexion du bras sur l'avant-bras (grimper).

b. *Coraco-brachial.* — Il est recouvert par le biceps et occupe la moitié supérieure du bras.

Ins. sup. — Sommet de l'apophyse coracoïde.

Ins. inf. — Face interne de la diaphyse humérale.

Action. — Il élève le bras, le porte en dedans et en avant.

c. *Brachial antérieur.* — Il est couché sur la moitié inférieure de l'humérus, qu'il unit au cubitus, en recouvrant l'articulation du coude.

Ins. sup. — Face antérieure de l'humérus, en dessous de l'empreinte deltoïdienne.

Ins. inf. — Apophyse coronoïde du cubitus.

Action. — Flexion de l'avant-bras sur le bras et inversement.

B. Région postérieure. — *Le triceps brachial* est un muscle long et volumineux, formé en haut par 3 chefs, la *longue portion*, le *vaste externe* et le *vaste interne* ; il descend le long de la face postérieure de l'humérus jusqu'au coude.

Ins. sup. — Longue portion au bord axillaire de l'omoplate au-dessous de la cavité glénoïde ;

Vaste externe à l'humérus au-dessus de la gouttière de torsion ;

Vaste interne à l'humérus au-dessous de cette gouttière.

Ins. inf. — Tendon épais et résistant s'insérant à l'olécrâne.

Action. — Extension de l'avant-bras sur le bras.

§ 3. — Muscles de l'avant-bras

L'avant-bras comprend 20 muscles, qui se groupent en trois régions :

Région antérieure : plan superficiel : *rond pronateur*, *grand palmaire*, *petit palmaire*, *cubital antérieur* :

plan moyen : *fléchisseur commun superficiel :*

plan profond : *fléchisseur commun profond*, *fléchisseur propre du pouce*, *carré pronateur :*

Région externe : long supinateur, premier et deuxième radial externe, court supinateur ;

Région postérieure : plan superficiel : *extenseur commun des doigts*, *extenseur propre du petit doigt*, *cubital postérieur*, *anconé ;*

Plan profond : *long abducteur du pouce*, *court extenseur du pouce*, *long extenseur du pouce*, *extenseur propre de l'index*.

Les énumérations sont faites en partant du radius.

Les huit muscles, qui forment la région antérieure, s'insèrent en haut à l'épiphyse inférieure de l'humérus ou au cubitus et au radius, en bas à l'avant-hras, au carpe ou aux doigts ; deux sont pronateurs, le rond et le carré pronateur, les six autres fléchisseurs de l'avant-bras, de la main ou des doigts.

La région externe est formée de quatre muscles descendant le long du radius, pour s'attacher à l'extrémité inférieure de celui-ci ou au métacarpe ; deux sont supinateurs, les radiaux sont extenseurs de la main.

A la région postérieure, les quatre muscles superficiels ont une insertion commune à l'épicondyle et vont en bas aux doigts ou au

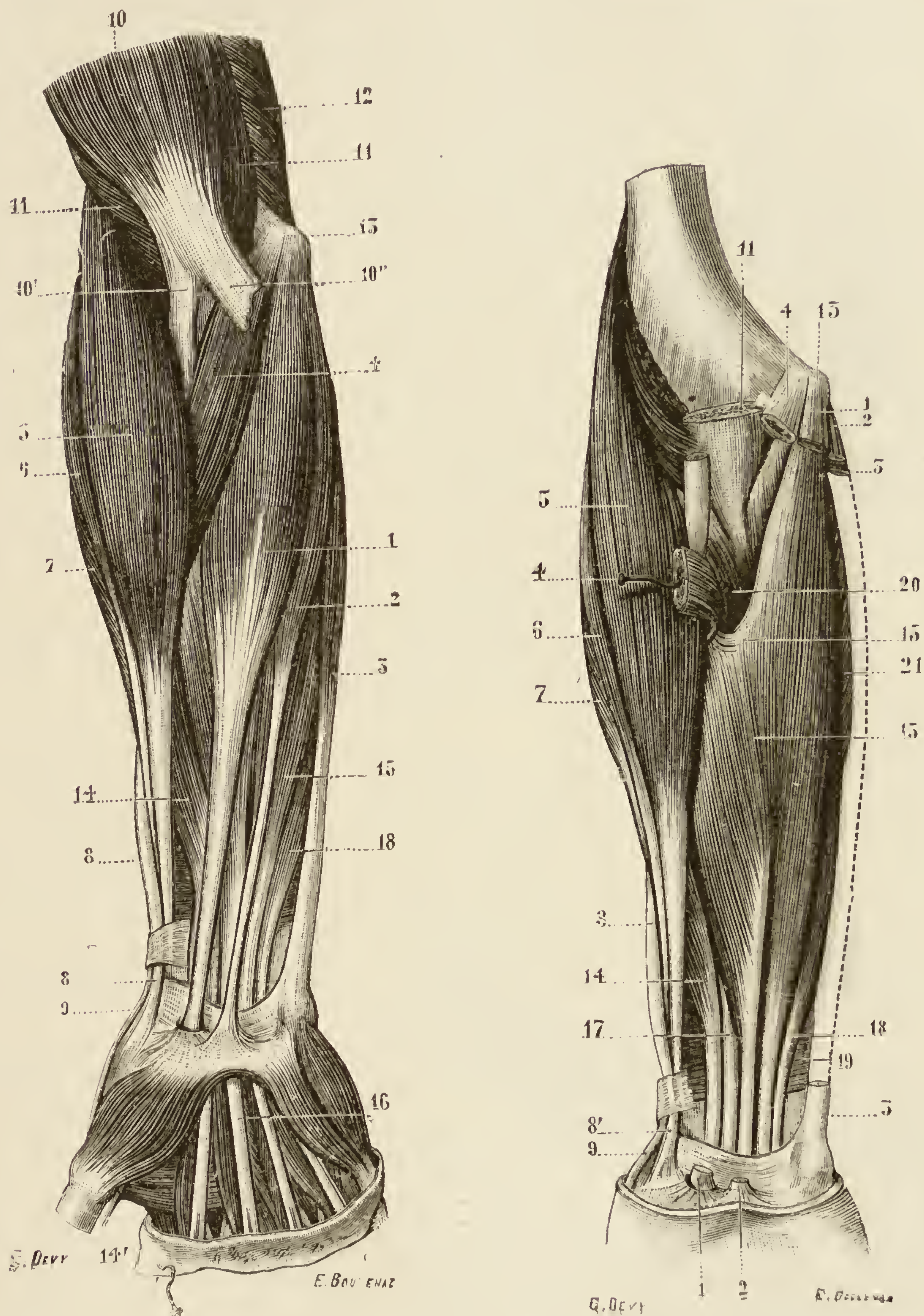


Fig. 135 et 136. — Muscles de la région antérieure de l'avant-bras, couche superficielle (Testut, *Anatomie humaine*).

1, grand palmaire. — 2, petit palmaire. — 3, cubital antérieur. — 4, rond pronateur. — 5, long supinateur. — 6, 7, premier et deuxième radial externe. — 8, 8', long abducteur du pouce. — 9, long extenseur du pouce. — 10, 10', biceps, — 11, brachial antérieur. — 12, triceps. — 13, épitrochlée. — 14, 14', long fléchisseur du pouce. — 15, fléchisseur commun superficiel, avec 16, 17, 18, ses tendons. — 19, carré pronateur. — 20, 21, fléchisseur commun profond.

métacarpe : ils sont extenseurs de la main et des doigts. Les quatre

muscles profonds forment également en haut une masse commune, puis croisent les muscles superficiels obliquement de dedans en dehors et s'insèrent sur les deux premiers doigts, dont trois sont extenseurs, tandis que le quatrième met le pouce en abduction.

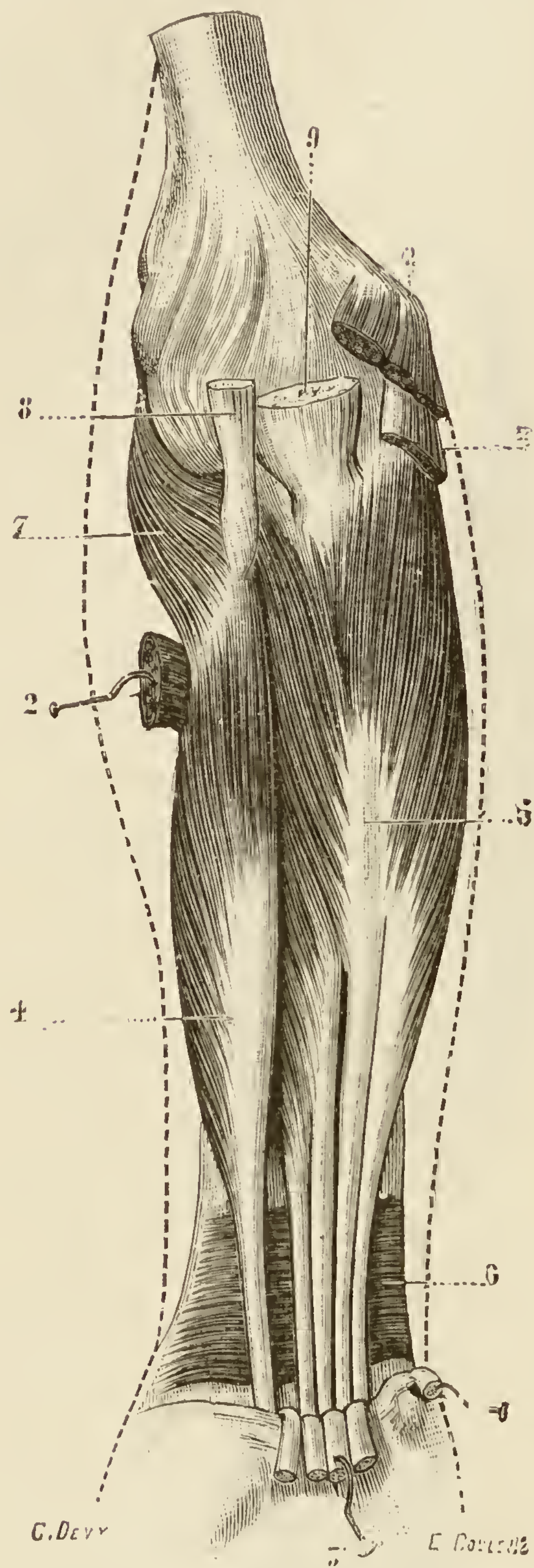


Fig. 137. — Muscles de la région antérieure de l'avant-bras, couche profonde (Testut, *Anatomie humaine*).

1, épitrochlée. — 2, portion inférieure du rond pronateur, réclinée en dehors. — 3, fléchisseur superficiel, avec 3', ses quatre tendons réclinés en bas. — 4, long fléchisseur du pouce. — 5, fléchisseur commun profond. — 6, carré pronateur. — 7, court supinateur. — 8, tendon du biceps. — 9, tendon du brachial antérieur.

Au niveau du poignet, les tendons des muscles de l'avant-bras passent dans des gouttières ostéo-fibreuses, doublées de gaines synoviales; à la face antérieure, il y a la gouttière du carpe, commune à tous les tendons, à la face postérieure existent plusieurs gouttières moins importantes sur les épiphyses radiale et cubitale.

Revenons sur les principaux muscles de l'avant-bras.

A. Région antérieure. — a. *Rond pronateur.*

Ins. sup. — Face antérieure de l'épitrochlée.

Ins. inf. — Face externe de la diaphyse radiale.

Action. — Pronation de l'avant-bras.

b. *Grand palmaire.*

Ins. sup. — Epitrochlée.

Ins. inf. — Long tendon passant dans la gouttière carpienne et s'insérant à la base du 2e métacarpien.

Action. — Flexion de la main et de l'avant-bras.

c. *Cubital antérieur.*

Ins. sup. — Epitrochlée.

Ins. inf. — Os pisiforme.

Action. — Flexion et adduction de la main.

d. *Fléchisseur commun superficiel.* — C'est un muscle long et aplati, qui va aux quatre derniers doigts.

Ins. sup. — Epitrochlée et face antérieure du radius.

Ins. inf. — Le muscle donne naissance en bas à quatre tendons, qui traversent la gouttière du carpe dans une gaine synoviale commune, puis la paume de la main et se logent aux doigts dans une coulisse tendineuse; ils se terminent à la base de la deuxième phalange des quatre derniers doigts.

Action. — Ils fléchissent la deuxième phalange sur la première, accessoirement celle-ci sur la main, la main sur l'avant-bras et celui-ci sur le bras.

e. *Fléchisseur commun profond.* — Situé sous le précédent, il se termine également aux quatre derniers doigts.

Ins. sup. — Face antérieure du squelette de l'avant-bras et du ligament interosseux.

Ins. inf. — Il donne quatre tendons placés sous ceux du fléchisseur superficiel au carpe, à la paume de la main et aux doigts, où chaque tendon profond traverse une boutonnière du tendon superficiel et s'insère à la troisième phalange.

Action. — Il fléchit la troisième phalange sur la deuxième, celle-ci sur la première et ainsi de suite.

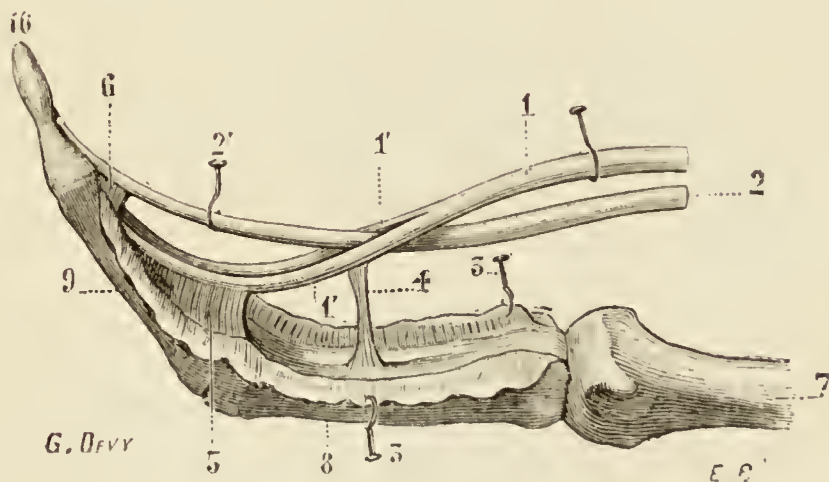


Fig. 138. — Disposition des tendons fléchisseurs à la face anterieure d'un doigt (Testut. *Anatomie humaine*).

1, tendon superficiel perforé. — 1', 1', sa boutonnière. — 2, tendon perforant devenu superficiel en 2'. — 3, 3, lèvres de la gaine tendineuse et synoviale. — 7, métacarpien. — 8, 9, 10, phalanges du doigt.

f. *Long fléchisseur propre du pouce.*

Ins. sup. — Face antérieure du radius.

Ins. inf. — Il se termine par un long tendon, passant dans la gouttière carpienne et se fixant à la base de la deuxième phalange du pouce.

Action. — Flexion de cette phalange.

B. Région externe. — a. *Long supinateur.*

Ins. sup. — Bord externe de l'humérus au-dessous de la gouttière de torsion.

Ins. inf. — Apophyse styloïde du radius.

Action. — Flexion de l'avant-bras ; la supination n'a lieu qu'en cas de pronation préalable.

b. *Premier et deuxième radial externe.*

Ins. sup. — Epicondyle.

Ins. inf. — Le premier va à la base du deuxième, le second à la base du troisième métacarpien.

Action. — Extension de la main.

C. Région postérieure. — a. *Extenseur commun des doigts.* — Il s'insère en bas sur les quatre derniers doigts.

Ins. sup. — Face postérieure de l'épicondyle.

Ins. inf. — Quatre tendons terminaux s'insèrent par une languette médiane à la base de la deuxième phalange et par deux languettes latérales à celle de la troisième phalange.

Action. — Extension de la troisième phalange sur la deuxième et de celle-ci sur la suivante, accessoirement du doigt sur le métacarpe, de la main sur l'avant-bras.

b. *Cubital postérieur.*

Ins. sup. — Epicondyle.

Ins. inf. — Base du cinquième métacarpien.

Action. — Extension et adduction de la main.

c. *Long abducteur du pouce.*

Ins. sup. — Face postérieure du cubitus.

Ins. inf. — Base du premier métacarpien.

Action. — Il éloigne le pouce de l'axe de la main.

d. *Court extenseur du pouce.*

Ins. sup. — Face postérieure du squelette de l'avant-bras et du ligament interosseux.

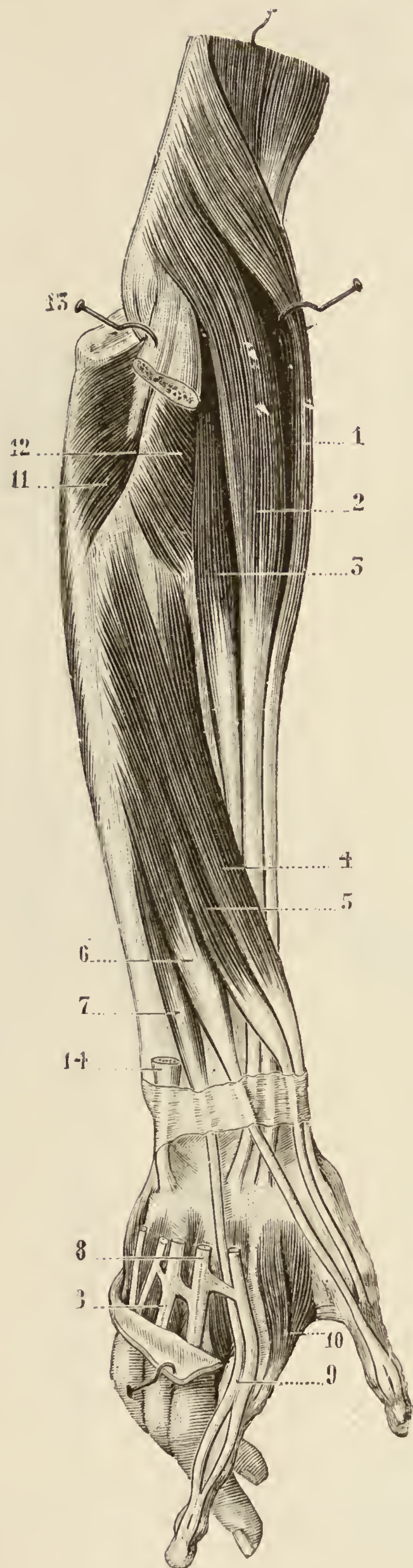


Fig. 139. — Muscles de la région externe de l'avant-bras et couche profonde de la région postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, long supinateur. — 2, premier radial externe. — 3, deuxième radial externe. — 4, long abducteur du pouce. — 5, court extenseur du pouce. — 6, long extenseur du pouce. — 7, extenseur propre de l'index. — 8, 8, tendons de l'extenseur commun. — 11, anconé. — 12, court supinateur. — 13, tendons de l'extenseur commun et du cubital soulevés. — 14, tendon inférieur du cubital postérieur.

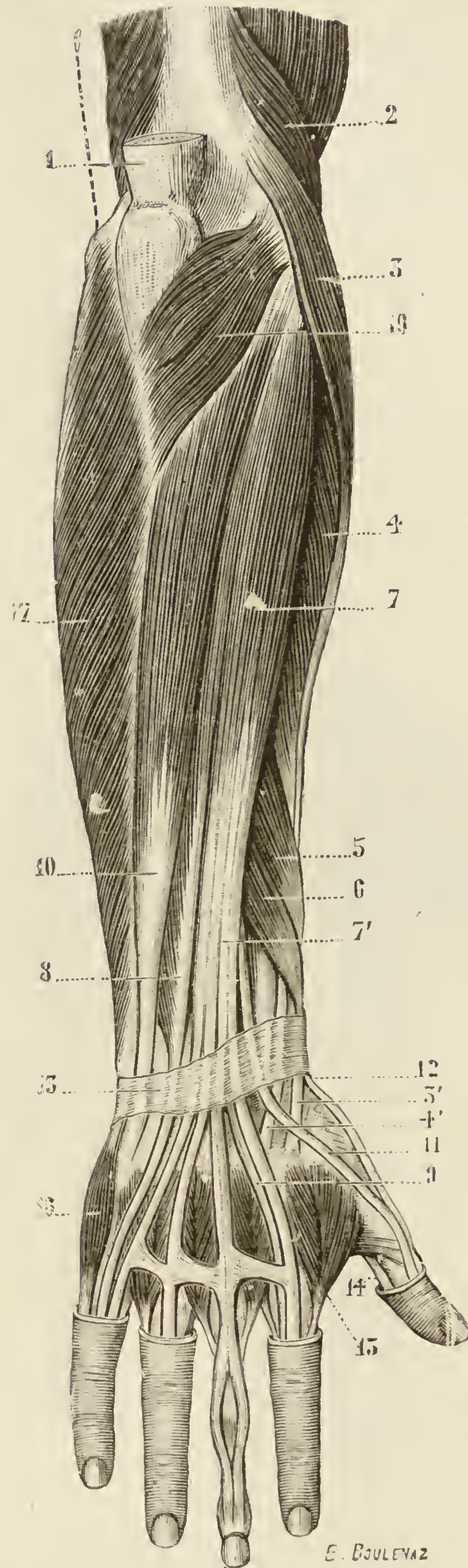


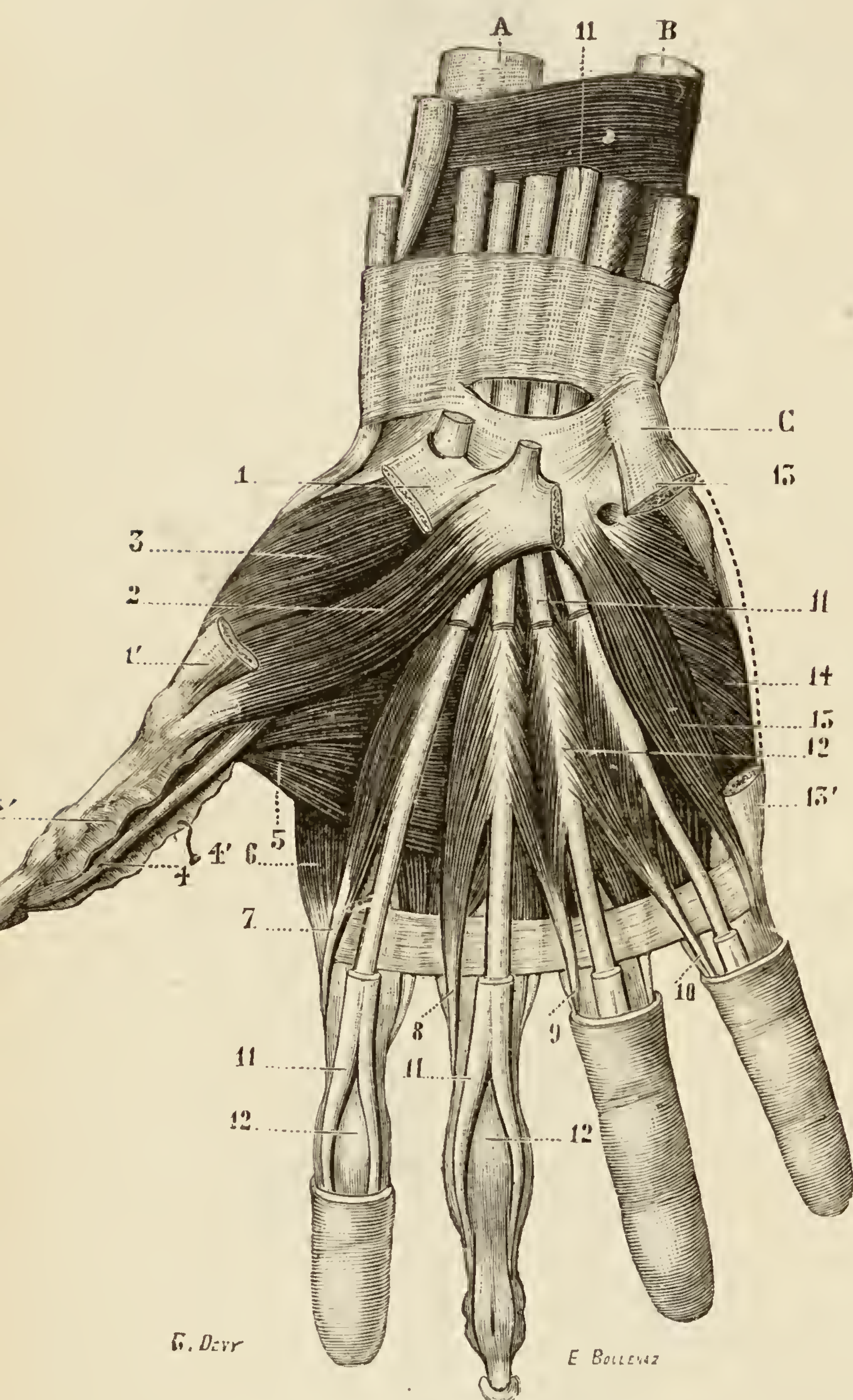
Fig. 140. — Muscles de la région postérieure de l'avant-bras, couche superficielle (Testut, *Anatomie humaine*).

1, tendon du triceps. — 2, long supinateur. — 3, 3', premier radial externe. — 4, 4', deuxième radial externe. — 5, long abducteur du pouce. — 6, court extenseur du pouce. — 7, extenseur commun des doigts, avec 7', ses quatre tendons. — 8, extenseur propre du petit doigt. — 9, extenseur propre de l'index. — 10, cubital postérieur. — 11, long extenseur du pouce. — 12, tendons du court extenseur du pouce. — 13, ligament maintenant les tendons. — 17, cubital antérieur.

Ins. inf. — Base de la première phalange du pouce.

Action. — Extension de cette phalange.

c. *Long extenseur du pouce.*



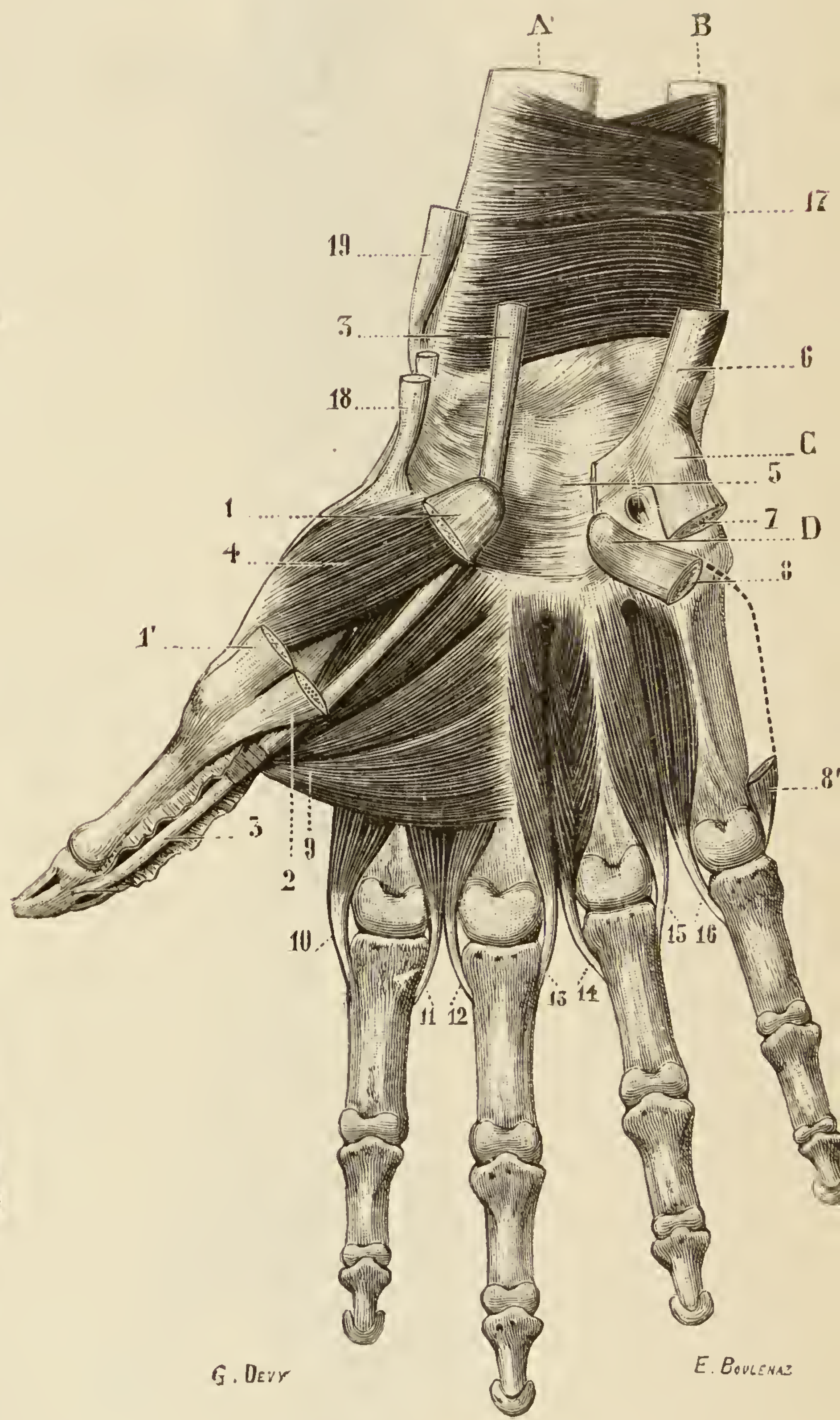


Fig. 141 et 142. — Muscles de la main (Testut, *Anatomie humaine*).

Fig. 141. — A, radius. — B, cubitus. — 1, 2, 3, 5, muscles de l'éminence thénar. — 4, long fléchisseur du pouce. — 7, 8, 9, 10, muscles lombricaux. — 11, 11, tendons du fléchisseur superficiel. — 12, tendons du fléchisseur profond. — 13, 14, 15, muscles de l'éminence hypothénar.

Fig. 142. — A, radius. — B, cubitus. — 1, 2, 4, 9, muscles de l'éminence thénar. — 3, long fléchisseur du pouce. — 5, gouttière du carpe pour les tendons fléchisseurs. — 6, cubital antérieur. — 7, 8, 8', insertions des muscles de l'éminence hypothénar. — 11, 14, 16, les trois interosseux palmaires. — 10, 12, 13, 15, les quatre interosseux dorsaux.

Ins. sup. — Face postérieure du cubitus, en dedans du précédent.

Ins. inf. — Base de la deuxième phalange du pouce.

Action. — Extension de la deuxième phalange sur la première.

§ 4. — Muscles de la main

Il existe à la main 19 petits muscles, répartis en trois régions : une externe ou *éminence thénar*, une interne ou *éminence hypothénar* et une *moyenne*.

A. Eminence thénar. — Elle comprend quatre muscles, qui forment à la paume de la main la saillie, qui recouvre la racine du pouce ; ils se dirigent de ce dernier transversalement aux os du métacarpe et du carpe et réalisent surtout le mouvement d'opposition.

B. Eminence hypothénar. — Elle est constituée par trois petits muscles, qui font saillie au bord interne de la main et vont au petit doigt, dont ils complètent les mouvements.

C. Région moyenne. — La paume de la main proprement dite renferme quatre *muscles lombricaux* et sept *muscles interosseux*. Les premiers ont pour rôle de fléchir la première phalange des doigts; les seconds, situés entre les métacarpiens, se divisent en trois interosseux *palmaires* et quatre *dorsaux ;* ils concourent avec les lombricaux à la flexion de la première phalange, mais les interosseux palmaires sont de plus adducteurs et les dorsaux abducteurs des doigts par rapport à l'axe de la main, qui, rappelons-le, passe par le médius.

CHAPITRE V

MUSCLES DU MEMBRE INFÉRIEUR

§ 1. — Muscles du bassin

Les muscles du bassin se classent en deux groupes :

Région interne : *psoas-iliaque ;*

Région externe ou *fessière* : plan superficiel : *grand fessier* ;
plan moyen : *moyen fessier* ;
plan profond : *petit fessier*, *pelvi-trochantériens.*

Le muscle unique, qui constitue la région interne, relie la colonne lombaire à la partie supérieure de la cuisse, en recouvrant la fosse iliaque interne ; il est fléchisseur de la cuisse sur l'articulation de la hanche.

Ceux de la région fessière vont de l'épiphyse supérieure du fémur au bassin et donnent à la même articulation les mouvements d'extension, de rotation en dedans et en dehors.

A. Région interne. — Le *psoas-iliaque* comprend en haut deux muscles distincts, le *psoas*, fusiforme, et l'*iliaque*, triangulaire, qui ont une insertion unique sur le fémur.

Ins. sup. — Psoas : Apophyses transverses des quatre premières vertèbres lombaires.

Iliaque : Fosse iliaque interne.

Ins. inf. — Gros tendon contournant l'articulation de la hanche de dehors en dedans et se fixant au petit trochanter.

Action. — Insertion supérieure fixe : Flexion de la cuisse et rotation en dehors.

Insertion inférieure fixe : Flexion du tronc et du bassin sur la hanche, avec rotation tournant la face du côté opposé.

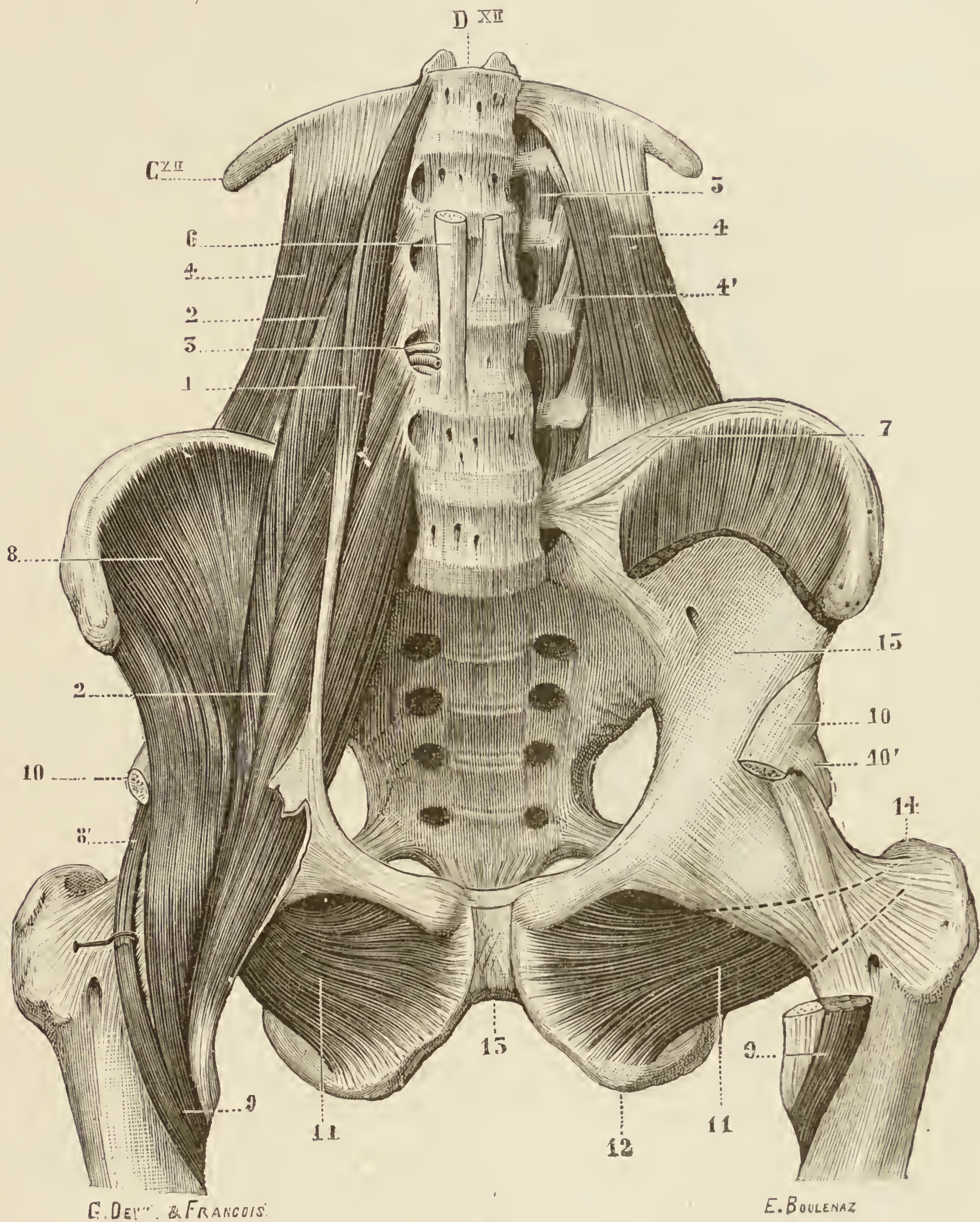


Fig. 143. — Muscles du bassin, région interne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, psoas. — 4, 4', carré des lombes. — 6, piliers du diaphragme. — 8, muscle iliaque. — 9, insertion du psoas-iliaque au fémur. — 10, tendon du droit antérieur. — 12, ischion. — 13, symphyse pubienne. — 14, grand trochanter. — 15, fosse iliaque interne. — Cxii, douzième côte. — Dxii, douzième vertèbre dorsale.

B. Région fessière. — a. *Grand fessier*. — C'est le plus grand muscle du corps ; il recouvre la fosse iliaque externe.

Ins. sup. — Tiers postéro-supérieur de la fosse iliaque externe.

Ins. inf. — Crête allant du grand trochanter à la ligne âpre.

Action. — Insertion fessière fixe : Extension de la cuisse et rotation en dehors.

Insertion fémorale fixe : Il redresse le bassin sur le membre inférieur et joue de ce fait un rôle important dans la station bipède, en retenant le tronc en arrière.

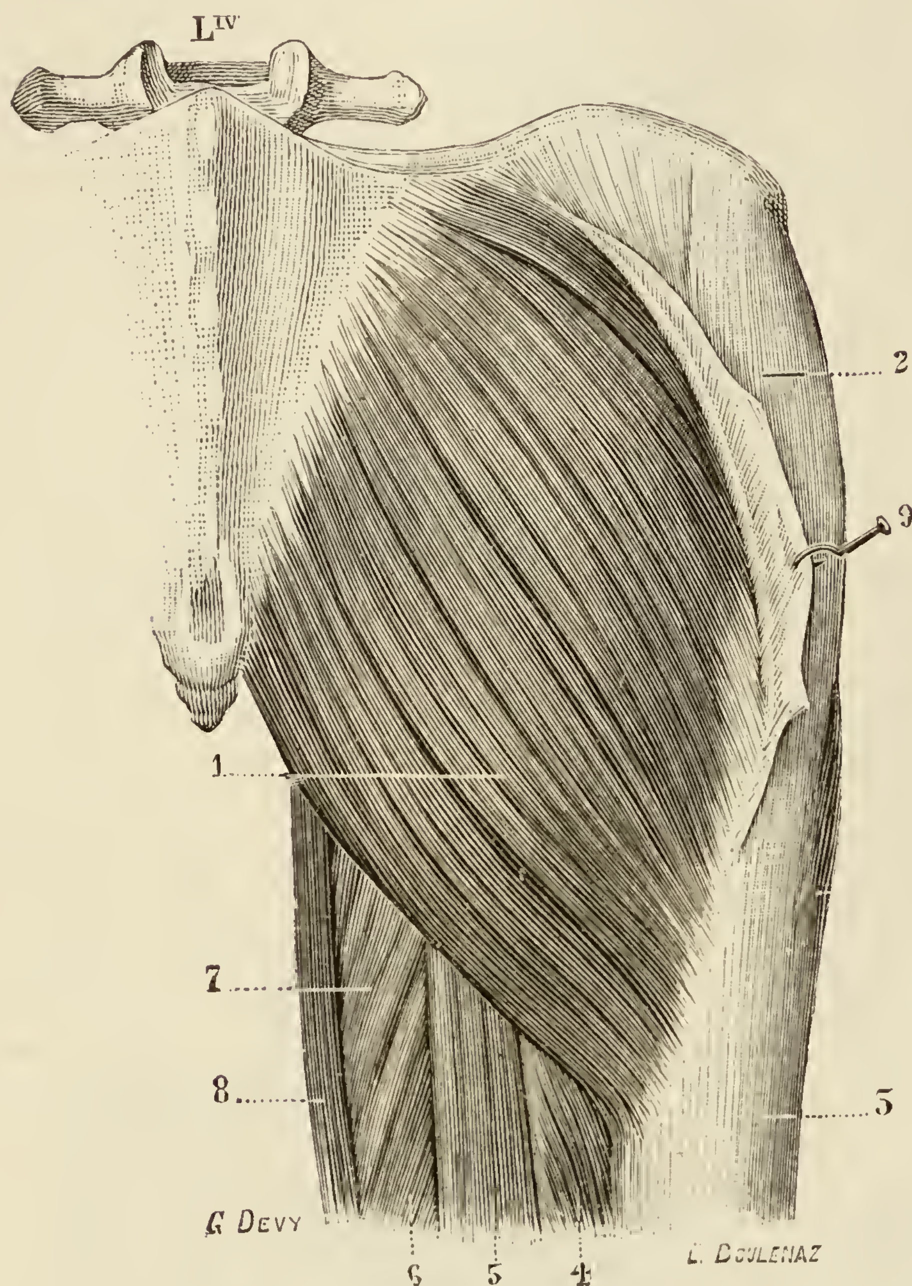


Fig. 144. — Muscles de la region fessière, couche superficielle (Testut, *Anatomie humaine*).

1. grand fessier. — 2, moyen fessier, recouvert d'une aponévrose. — 3 à 8, muscles de la région postérieure de la cuisse. — LIV, quatrième vertèbre lombaire.

b. *Moyen fessier.* — Il est de forme triangulaire et couvert en partie par le précédent.

Ins. sup. — Partie moyenne de la fosse iliaque externe.

Ins. inf. — Grand trochanter.

Action. — Abduction et rotation de la cuisse en dedans.

c. *Petit fessier.*

Ins. sup. — Partie antérieure de la fosse iliaque externe.

Ins. inf. — Grand trochanter.

Action. — Abduction et rotation interne, comme le précédent.

d. *Pelvi-trochantériens.* — On désigne ainsi 6 petits muscles à direction transversale.

Ins. int. — Sacrum, épine sciatique et ischion.

Ins. ext. — Grand trochanter et ligne inter-trochantérienne.

Action. — Rotation en dehors.

§ 2. — Muscles de la cuisse

On les classe en trois régions :

Région antérieure : *couturier*, *triceps crural*;

Région interne : *droit interne*, *premier ou moyen adducteur*, *deuxième ou petit adducteur*, *troisième ou grand adducteur* ;

Région postérieure : *biceps crural*, *demi-tendineux*, *demi-membraneux*.

Les deux muscles de la région antérieure partent l'un du bassin, l'autre du fémur pour s'insérer à la partie supérieure de la jambe; moteurs du genou et de la hanche, ils étendent la jambe et fléchissent, au contraire, la cuisse avec abduction et rotation en dehors.

A la région interne de la cuisse, existe une masse charnue, considérable; les muscles qui la forment, ont une insertion supérieure au bassin et une inférieure au tibia pour le droit interne et au fémur pour les adducteurs; le premier met en jeu l'articulation du genou et fléchit la jambe, les seconds, moteurs de la hanche, sont adducteurs et fléchisseurs de la cuisse.

Les trois muscles de la région postérieure s'attachent en haut à l'ischion et s'écartent en bas pour circonscrire le creux du jarret, dont le bord externe est formé par le biceps, le bord interne par le demi-membraneux et le demi-tendineux. Le premier s'insère au péroné, les deux autres au côté interne du plateau tibial ; les trois muscles sont fléchisseurs de la jambe et extenseurs de la cuisse avec rotation en dehors pour le biceps, en dedans pour les deux autres.

A. Région antérieure. — a. *Couturier*. — C'est un muscle long et grêle, qui traverse obliquement de haut en bas et de dehors en dedans la face antérieure de la cuisse.

Ins. sup. — Épine iliaque antéro-supérieure.

Ins. inf. — Extrémité supérieure et interne du tibia.

Action. — Flexion de la jambe sur la cuisse et de celle-ci sur le

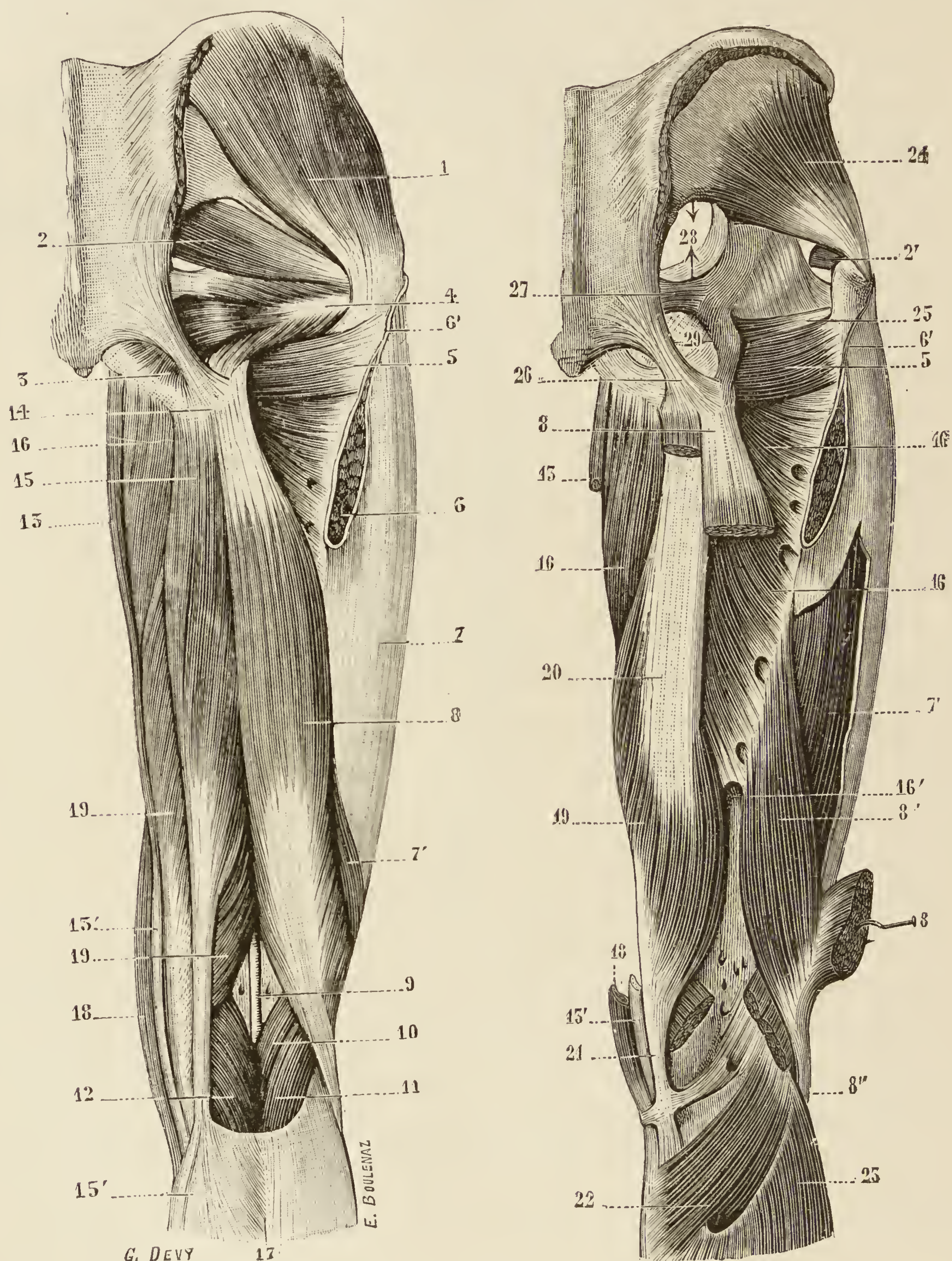


Fig. 145 et 146. — Muscles de la région fessière, couche profonde, et de la cuisse, région postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, moyen fessier. — 2, 3, 4, 5, pelvi-trochantériens. — 6, insertion du grand fessier sur le fémur. — 7, vaste externe. — 8, longue portion, et 8', courte portion du biceps, avec 8'', son insertion sur le péroné. — 9, creux du jarret. — 11, 12, jumeaux externe et interne. — 13, 13', droit interne. — 14, ischion. — 15, 15', demi-tendineux. — 16, grand adducteur. — 18, couturier. — 19, 20, 21, demi-membraneux. — 22, muscle poplité. — 23, soléaire. — 24, petit fessier.

bassin avec abduction et rotation en dehors (position des tailleurs).

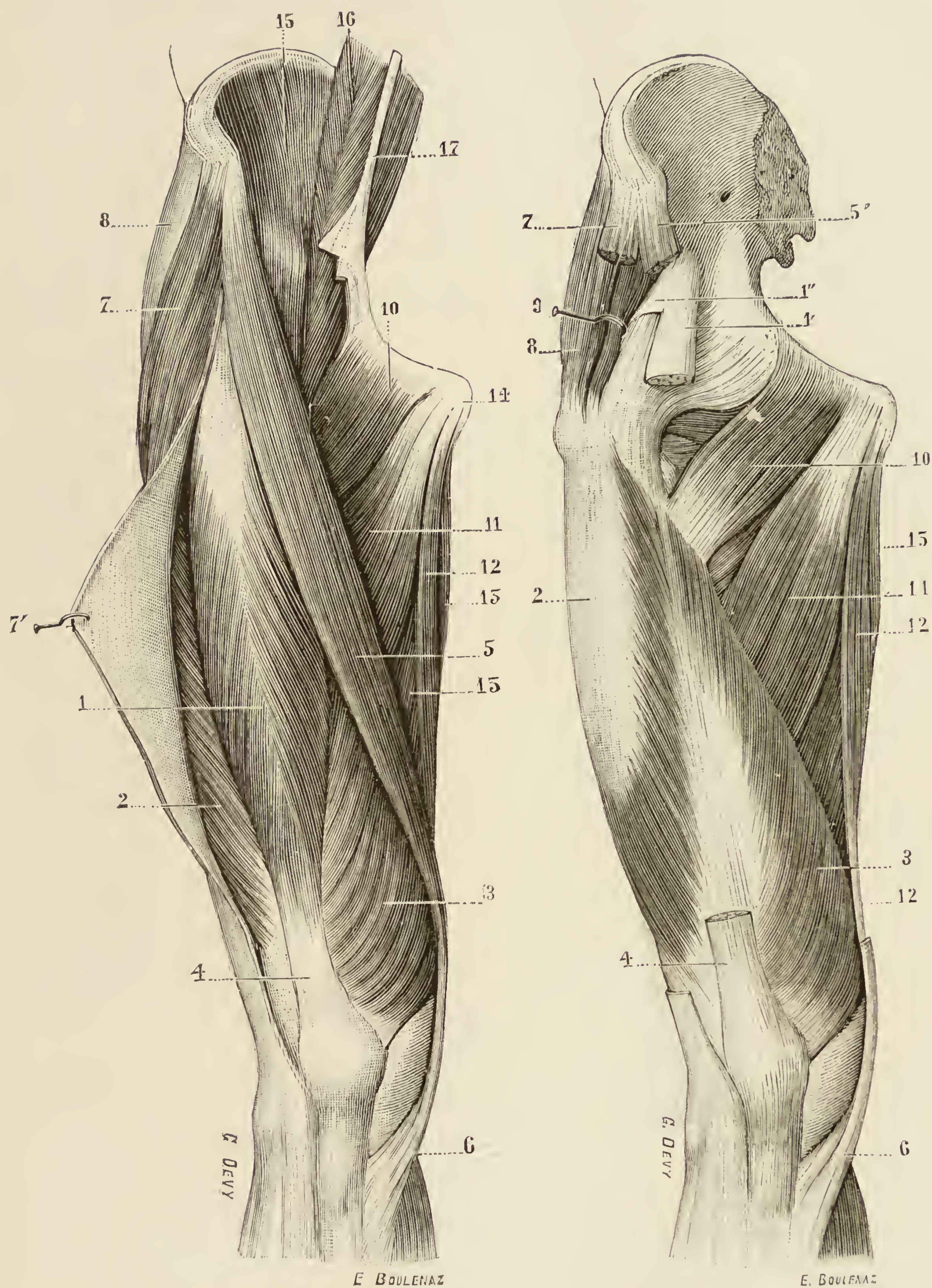


Fig. 147 et 148. — Muscles de la cuisse, régions antérieure et interne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, droit antérieur, avec 1', son tendon direct, 1'', son tendon réfléchi. — 2, vaste externe. — 3, vaste interne. — 4, tendon inférieur du triceps. — 5, couturier, avec 5', son insertion supérieure, et 6, son tendon inférieur. — 8, moyen fessier. — 9, petit fessier soulevé. — 11, premier ou moyen adducteur. — 12, droit interne, avec 12', son tendon inférieur. — 13, troisième ou grand adducteur. — 14, symphyse pubienne. — 15, 16, 17, psoas-iliaque.

b. *Triceps fémoral.* — Il constitue une vaste nappe musculaire englobant le fémur en dedans, en avant et en dehors; en haut, il est composé de trois chefs, le *droit antérieur*, s'attachant à l'os iliaque, le *vaste interne* et le *vaste externe*, s'insérant sur le fémur, et en bas il se termine par un gros tendon aplati, allant à la rotule et au tibia.

Ins. sup. — Droit antérieur; Il présente un *tendon direct*, qui s'insère à l'épine iliaque antéro-inférieure, et un *tendon réfléchi*, qui s'attache à la partie supérieure du rebord cotyloïdien.

Vaste interne : Lèvre interne de la ligne âpre et face interne du fémur.

Vaste externe : Lèvre externe de la même ligne et face externe de l'os.

Ins. inf. — Base de la rotule ; le ligament rotulien peut être considéré comme la continuation du tendon musculaire jusqu'à la tubérosité antérieure du tibia.

Action. — Insertion supérieure fixe : Il étend la jambe sur la cuisse, surtout dans la marche au moment où le membre est appuyé sur le sol, et fléchit la cuisse sur le bassin.

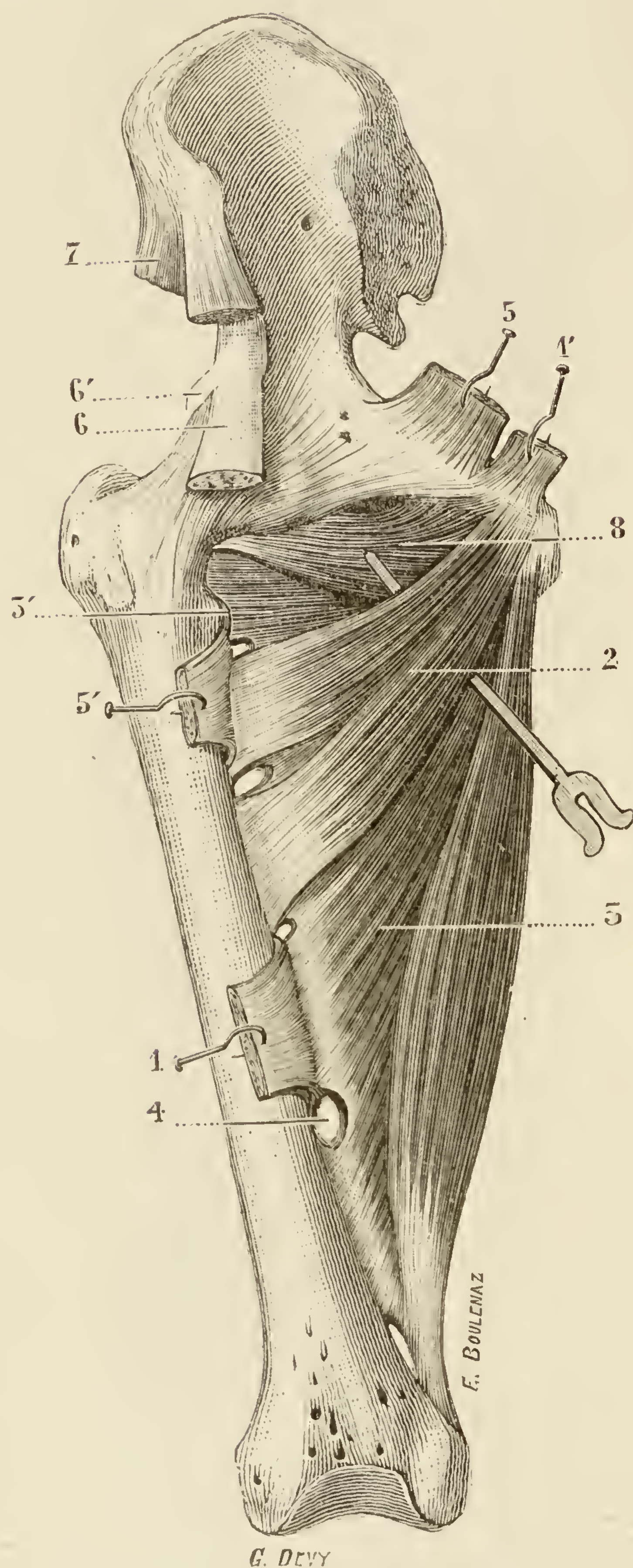


Fig. 149. — Muscles adducteurs de la cuisse (Testut, *Anatomie humaine*).

1, extrémité inférieure du moyen adducteur réclinée en dehors. — 1', son extrémité supérieure rejetée en haut. — 2, deuxième ou petit adducteur. — 3, 3' grand adducteur.

Insertion inférieure fixe : Il étend la cuisse sur la jambe (action de se lever, station debout) et fléchit le bassin sur la cuisse.

B. Région interne. — a. *Droit interne.*

Ins. sup. — Pubis.

Ins. inf. — Extrémité supérieure et interne du tibia.

Action. — Flexion de la jambe et adduction de la cuisse.

b. *Adducteurs.* — Les trois adducteurs représentent une nappe en forme d'éventail, ayant son sommet au pubis et la base sur la ligne âpre du fémur.

Ins. sup. — Le moyen et le petit adducteurs s'insèrent au pubis, le grand à l'ischion.

Ins. inf. — Les deux premiers s'attachent au tiers moyen, le dernier à toute l'étendue de la ligne âpre.

Action. — Elle est la même pour les trois muscles et consiste dans l'adduction de la cuisse avec rotation en dehors; la contraction bilatérale applique les deux cuisses l'une contre l'autre ou contre un objet interposé (équitation).

C. Région postérieure. — a. *Biceps crural.* Simple en bas, il est formé en haut par deux chefs, la *longue* et la *courte portion.*

Ins. sup. La longue portion s'insère à l'ischion, la courte à la partie moyenne de la ligne âpre.

Ins. inf. — En bas, il donne un long tendon allant à la tête du péroné.

Action. — Flexion de la jambe sur la cuisse, accessoirement extension de celle-ci sur le bassin avec rotation en dehors.

b. *Demi-tendineux et demi-membraneux.*

Ins. sup. — Ischion.

Ins. inf. — Tubérosité interne du tibia.

Action. — Flexion de la jambe, rotation de la cuisse en dedans et accessoirement extension sur le bassin.

§ 3. — Muscles de la jambe

Au nombre de 12, ils se divisent en trois groupes :

Région antérieure : jambier antérieur, long extenseur commun des orteils, extenseur propre du gros orteil ;

Région externe : *long et court péronier latéral* ;

Région postérieure : plan superficiel : *jumeaux externe* et *interne*, *soléaire* ;

plan profond : *poplité*, *long fléchisseur commun des orteils*, *long fléchisseur propre du gros orteil*, *jambier postérieur*.

Les quatre muscles de la région antérieure reposent sur le ligament interosseux, entre le tibia et le péroné, et vont de la jambe aux métatarsiens ou aux orteils, en passant au cou-de-pied dans une gaine synoviale et tendineuse ; ils sont extenseurs des orteils et fléchisseurs du pied avec rotation en dedans ou en dehors, abduction ou adduction.

Les deux péroniers latéraux, longs et grêles, vont de la face externe de la jambe, le court au bord externe, le long au bord interne du pied, en se réfléchissant sur la malléole externe, contre laquelle les applique une coulisse tendineuse ; ils sont extenseurs et abducteurs du pied avec rotation en dehors.

Les trois muscles qui forment le plan superficiel de la région postérieure, les jumeaux et le soléaire, s'insèrent en haut au fémur et au squelette de la jambe et en bas par un tendon unique, le *tendon d'Achille*, au calcanéum ; ils peuvent être considérés comme les trois chefs d'un muscle unique, le *triceps sural*, extenseur du pied sur la jambe, dans l'articulation tibio-tarsienne, et fléchisseur de la jambe sur la cuisse au niveau du genou. Des quatre muscles de la couche profonde, un très court, le poplité, unit le fémur au tibia et fléchit la jambe, les trois autres vont de la face postérieure du tibia et du péroné au tarse ou aux orteils, en contournant dans des gaines tendineuses la malléole interne ; ils sont fléchisseurs des orteils et extenseurs du pied.

A. Région antérieure. — a. *Jambier antérieur*. — C'est le plus interne des muscles antérieurs.

Ins. sup. — Deux tiers supérieurs de la face externe du tibia et portion voisine du ligament interosseux.

Ins. inf. — Extrémité postérieure du cinquième métatarsien.

Action. — Flexion du pied avec adduction et rotation en dedans.

b. *Long extenseur commun des orteils.* — Situé en dehors du précé-

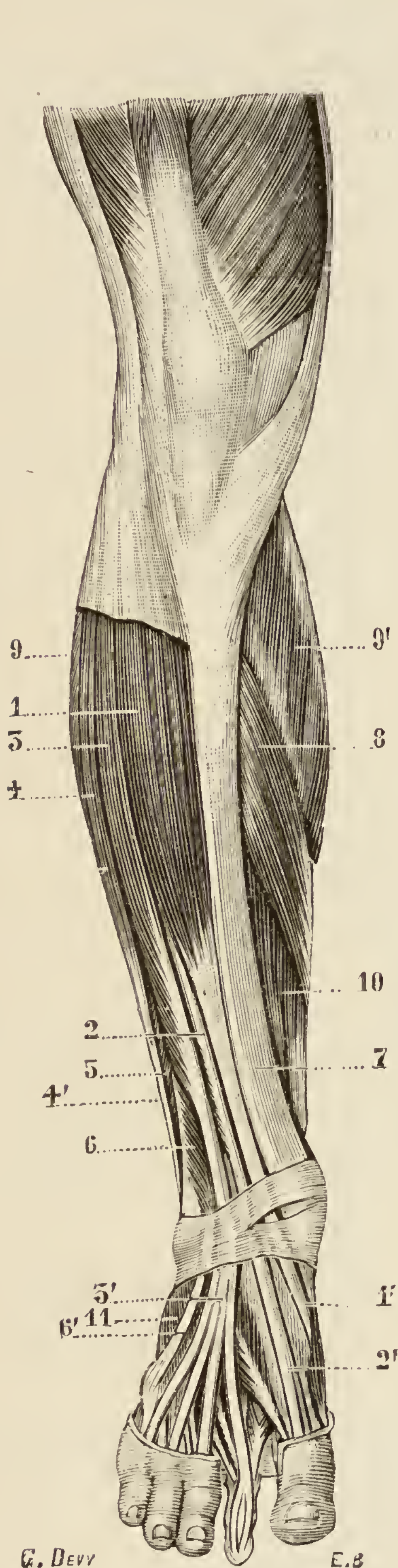


Fig. 150. — Muscles de la jambe région antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', jambier antérieur. — 2, 2', extenseur propre du gros orteil. — 3, extenseur commun avec 3', ses quatre tendons. — 4, 4', long péronier latéral. — 5, court péronier latéral. — 7, face interne du tibia. — 8, soléaire. — 9, 9', jumeaux externe et interne.

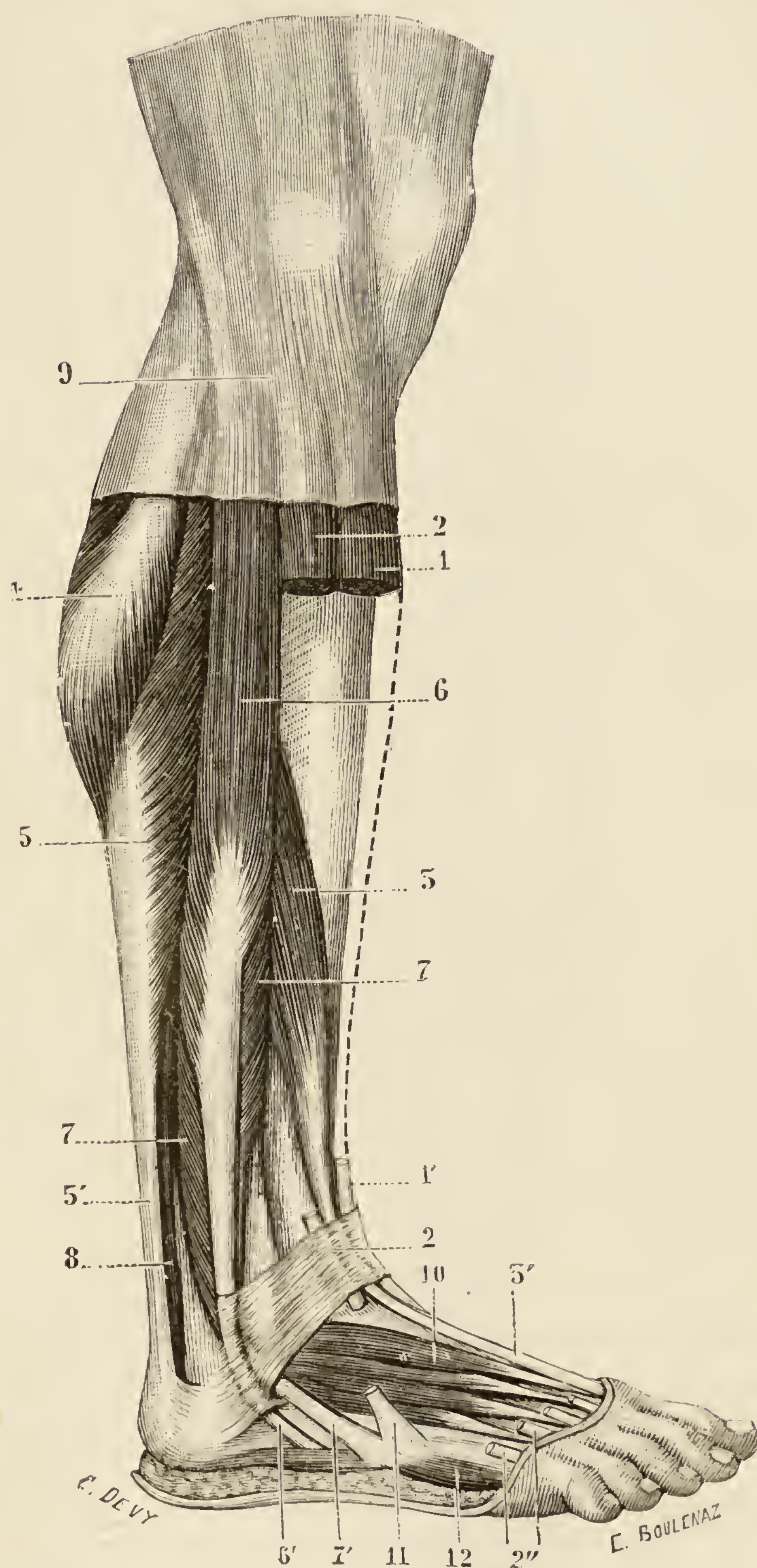


Fig. 151. — Muscles de la jambe, région externe (Testut, *Anatomie humaine*).

1, jambier antérieur. — 2, 2', extenseur commun des orteils. — 3, 3', extenseur propre du gros orteil. — 4, jumeau externe. — 5, soléaire. — 6, 6', long péronier latéral. — 7, 7', court péronier latéral. — 10, court extenseur commun.

dent, il va de la partie supérieure de la jambe aux 4 derniers orteils.

Ins. sup. — Deux tiers supérieurs de la face interne du péroné et partie voisine du ligament interosseux.

Ins. inf. — Tendon d'abord unique se terminant par quatre chefs, dont chacun fournit une languette médiane pour la base de la deuxième phalange et deux latérales pour celle de la troisième phalange.

Action. — Extension des quatre orteils, flexion du pied sur la jambe avec abduction et rotation en dehors.

c. *Extenseur propre du gros orteil.* — Il est recouvert par les deux précédents.

Ins. sup. — Face interne de la diaphyse péronéale et partie correspondante du ligament interosseux.

Ins. inf. — Base des deux phalanges du gros orteil.

Action. — Extension des phalanges du gros orteil et flexion du pied avec adduction et rotation en dehors.

B. Région externe. — Long et court péronier latéral.

Ins. sup. — Face externe du péroné.

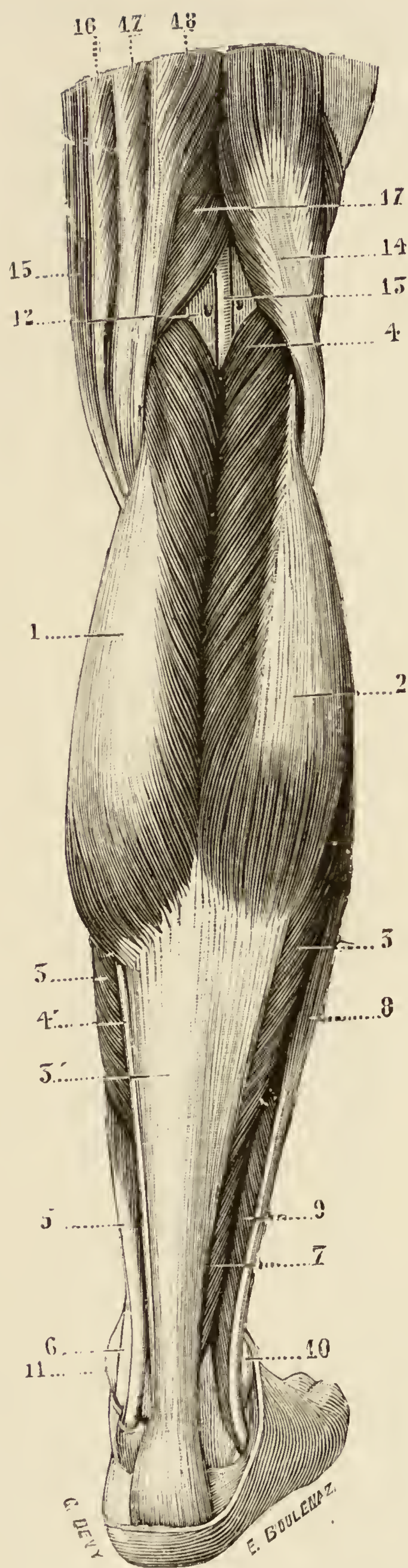
Ins. inf. — Long péronier latéral : Son tendon se réfléchit derrière la malléole externe, traverse en diagonale de dehors en dedans la voûte plantaire et s'insère à l'extrémité postérieure du premier métatarsien.

Court péronier latéral : Après avoir contourné également la malléole externe, son tendon se fixe à l'extrémité postérieure du cinquième métatarsien.

Action. — Extension du pied sur la jambe avec abduction et rotation en dehors.

C. Région postérieure. — a. *Jumeaux interne et externe et soléaire.* — Les premiers sont deux muscles volumineux, formant les bords inférieurs du creux du jarret et la saillie du mollet ; le soléaire est situé au-dessous d'eux.

Ins. sup. — Jumeau externe : condyle externe.
Jumeau interne : condyle interne.



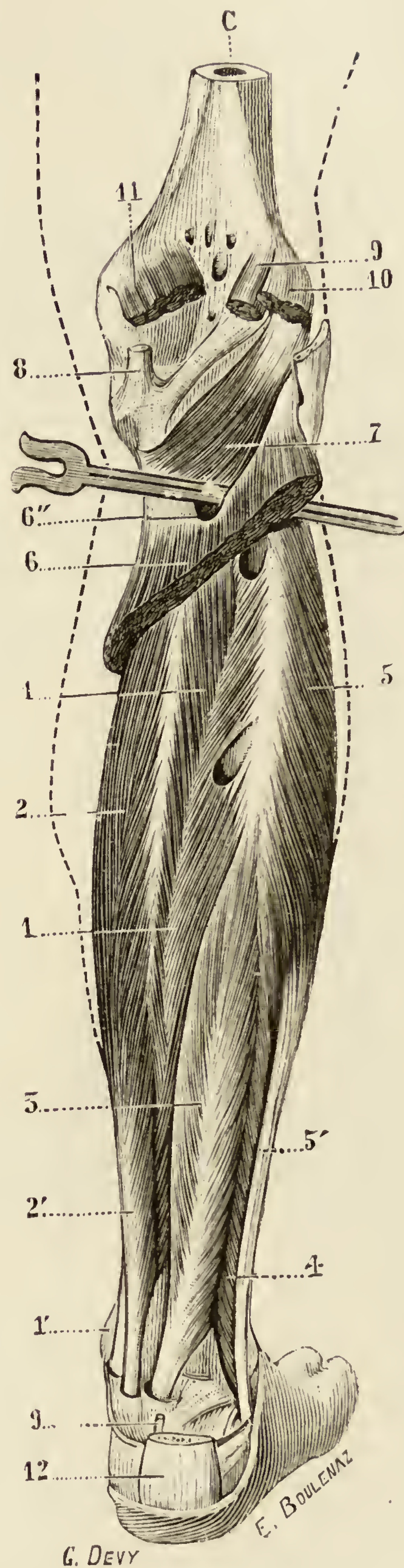


Fig. 152 et 153. — Muscles de la jambe, region postérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

Fig. 151. Couche superficielle. — 1, 2, jumeaux externe et interne. — 3, soléaire. — 3', tendon d'Achille. — 5, long fléchisseur des orteils. — 6, jambier postérieur. — 7, long fléchisseur du gros orteil. — 8, long péronier latéral. — 9, court péronier latéral. — 10, 11, malléoles externe et interne. — 12, creux du jarret. — 14, biceps. — 15, couturier. — 16, droit interne. — 17, demi-membraneux. — 18, demi-tendineux.

Fig. 152. Couche profonde. — 1, 1', jambier postérieur. — 2, 2', long fléchisseur commun. — 3, long fléchisseur propre du gros orteil. — 4, court péronier latéral. — 5, 5', long péronier latéral. — 6, soléaire. — 7, poplité. — 10, 11, jumeaux externe et interne. — 12, tendon d'Achille.

Soléaire : Faces postérieures de la diaphyse péronéale et du tibia.

Ins. inf. — Ils se terminent par une large aponévrose, se continuant par le tendon d'Achille, qui s'insère à la partie postérieure du calcanéum.

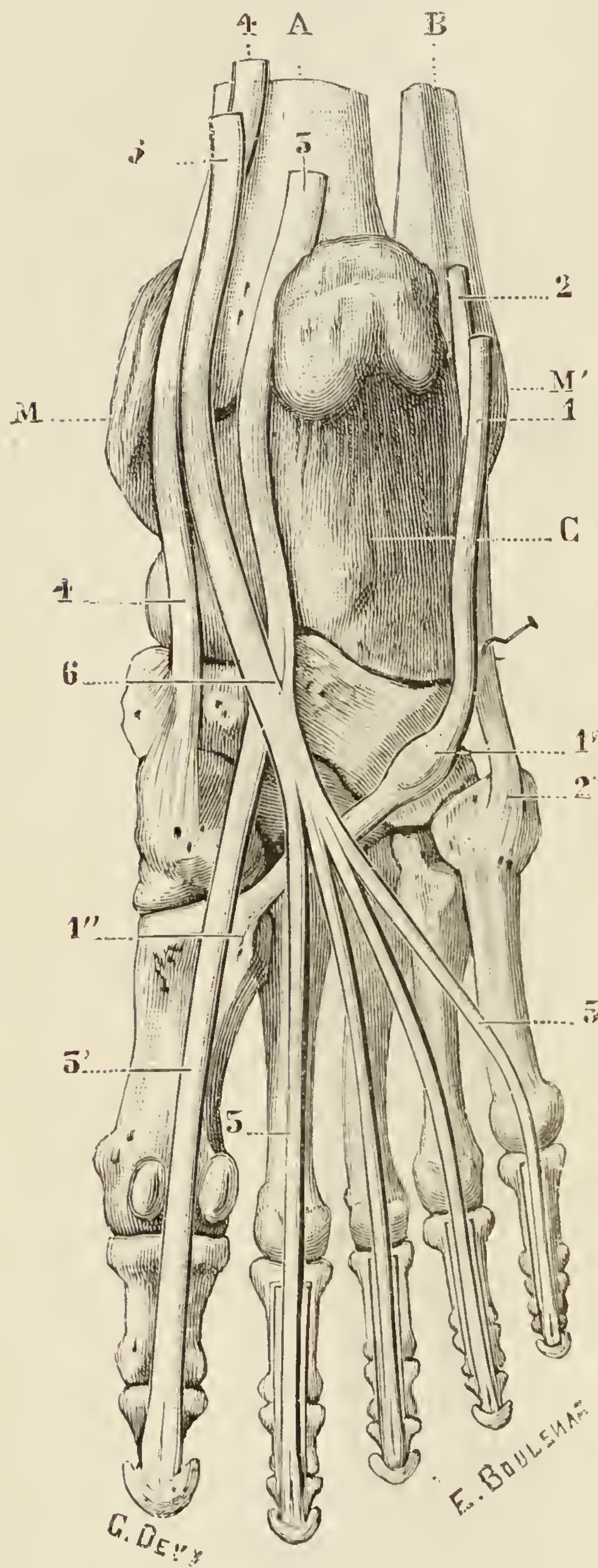


Fig. 154. — Insertions à la plante du pied des tendons des muscles postérieurs de la jambe (Testut, *Anatomie humaine*).

A, tibia. — B, péroné. — C, calcanéum. — M, M', malléoles interne et externe. — 1, 1', 1'', long péronier latéral. — 2, 2', court péronier latéral. — 3, 3', long fléchisseur propre du gros orteil. — 4, 4', jambier postérieur. — 5, 5, 5, long fléchisseur commun.

Action. — Ils élèvent le talon et étendent le pied sur la jambe (station sur la pointe des pieds) ; accessoirement ils fléchissent la jambe sur la cuisse. Ils constituent les muscles essentiels de la marche.

b. *Poplité.* — Muscle plat et court, situé sous les jumeaux et couvrant la face postérieure de l'articulation du genou.

Ins. sup. — Face externe du condyle externe.

Ins. inf. — Face postérieure de l'épiphyse supérieure du tibia.

Action. — Flexion de la jambe sur la cuisse.

c. *Long fléchisseur commun des orteils.* — C'est le muscle le plus interne de la couche profonde ; il s'étend du tibia aux quatre derniers orteils, en traversant la voûte plantaire.

Ins. sup. — Face postérieure de la diaphyse tibiale.

Ins. inf. — Base de la troisième phalange des orteils.

Action. — Flexion des quatre derniers orteils et extension du pied sur la jambe.

d. *Jambier postérieur.*

Ins. sup. — Face postérieure du tibia.

Ins. inf. — Face inférieure du scaphoïde.

Action. — Extension du pied sur la jambe avec adduction et rotation en dedans.

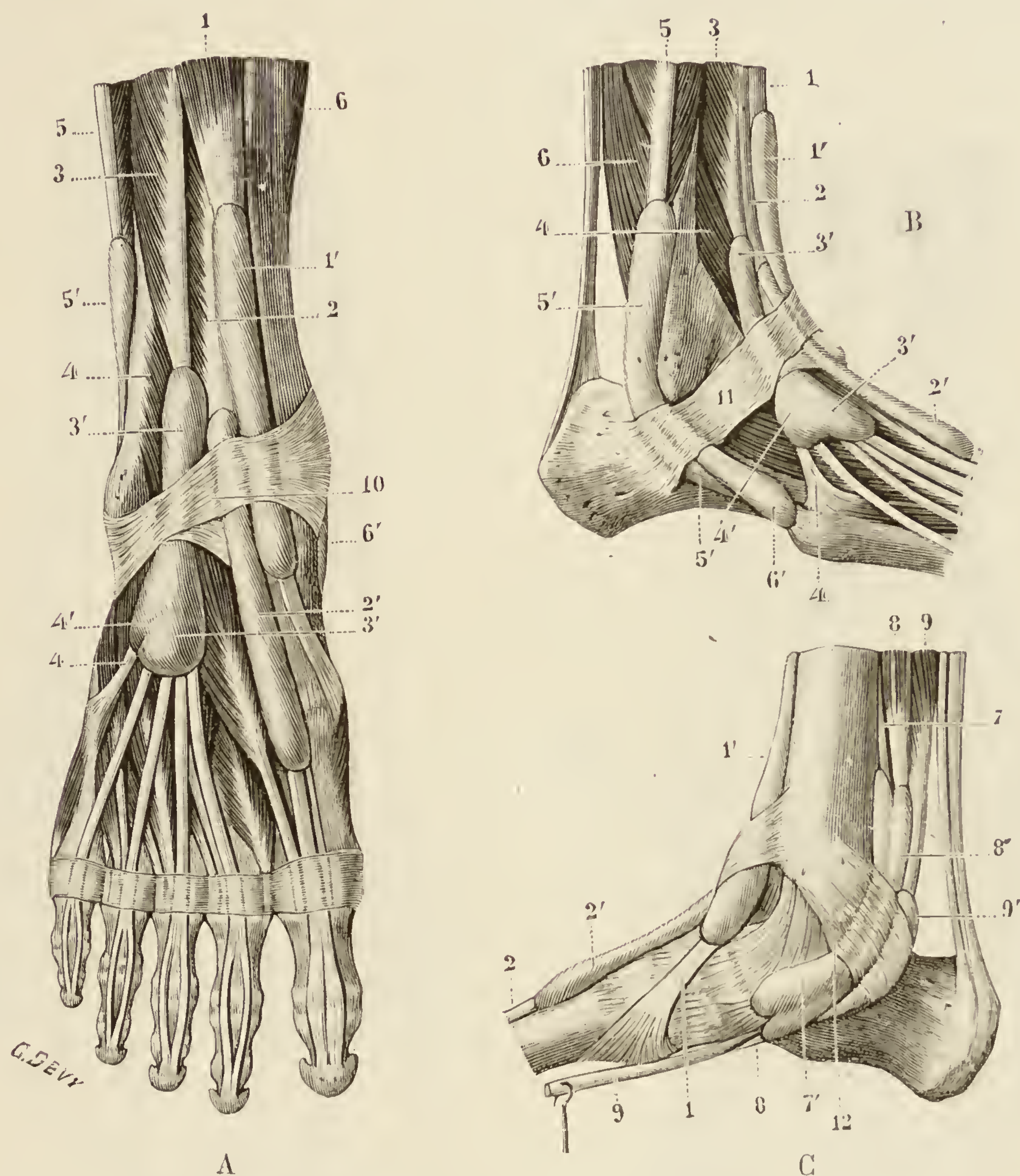


Fig. 155. — Gaines tendineuses et synoviales du cou-de-pied (Testut, *Anatomie humaine*).

(A, face dorsale. — B, côté externe. — C, côté interne.)

1, 1', jambier antérieur et sa gaine. — 2, 2', extenseur propre du gros orteil. — 3, 3', extenseur commun des orteils. — 5, 5', long péronier latéral. — 6, 6', court péronier latéral. — 7, 7', jambier postérieur. — 8, 8', fléchisseur commun. — 9, 9', fléchisseur propre du gros orteil. — 10, 11, 12, ligaments maintenant les tendons contre le squelette.

e. *Long fléchisseur propre du gros orteil.* — C'est le plus externe de la couche profonde.

Ins. sup. — Face postérieure du péroné.

Ins. inf. — Base de la deuxième phalange du gros orteil.

Action. — Flexion de cet orteil et extension du pied sur la jambe.

§ 4. — Muscles du pied

Ils sont au nombre de 20 et se répartissent en deux régions l'une *dorsale*, l'autre *plantaire*.

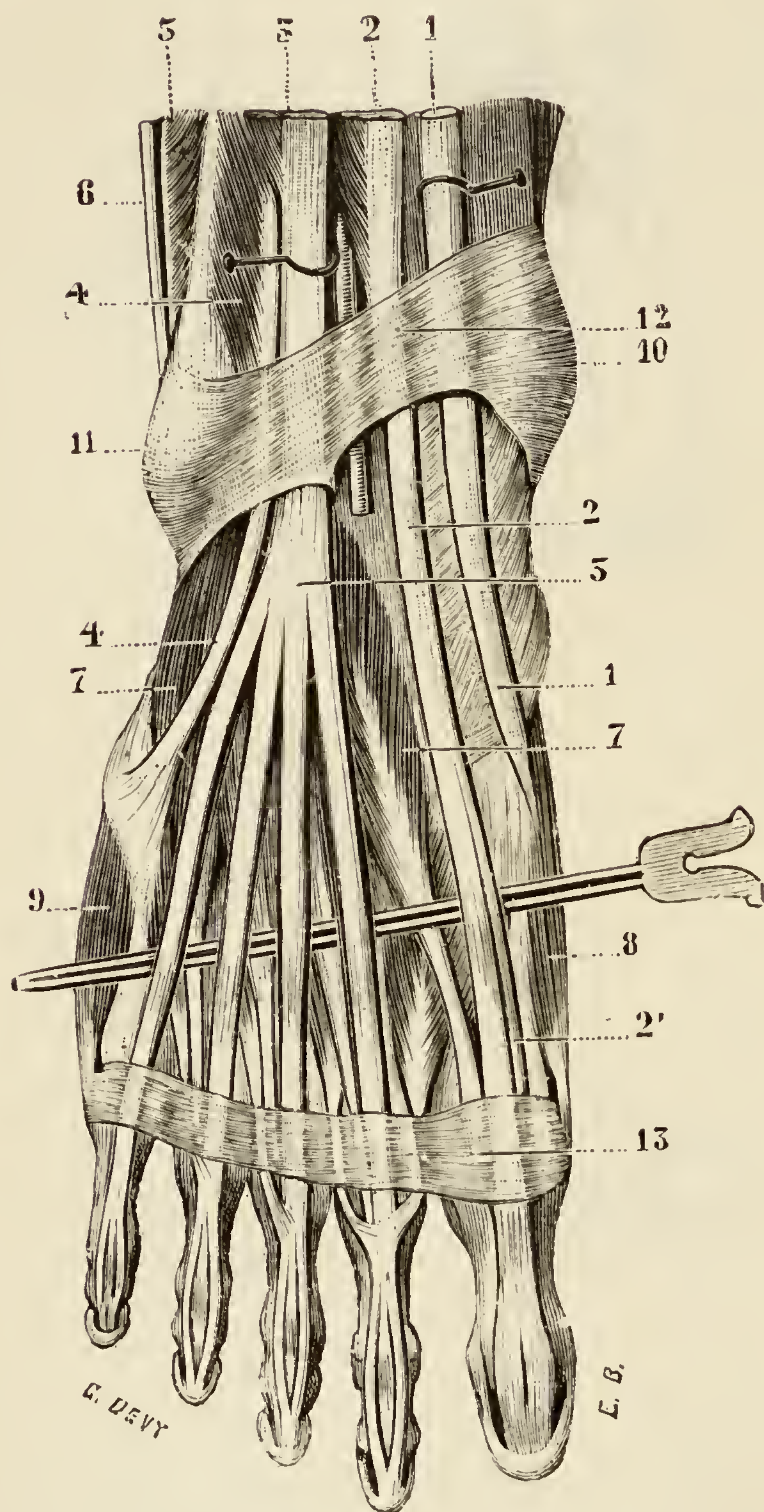


Fig. 156. — Tendons et muscles du pied, région dorsale (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', jambier antérieur. — 2, 2', extenseur propre du gros orteil. — 3, 3', long extenseur commun des orteils. — 5, 6, péroniers latéraux. — 7, 7', court fléchisseur commun. — 10, 11, malléoles interne et externe.

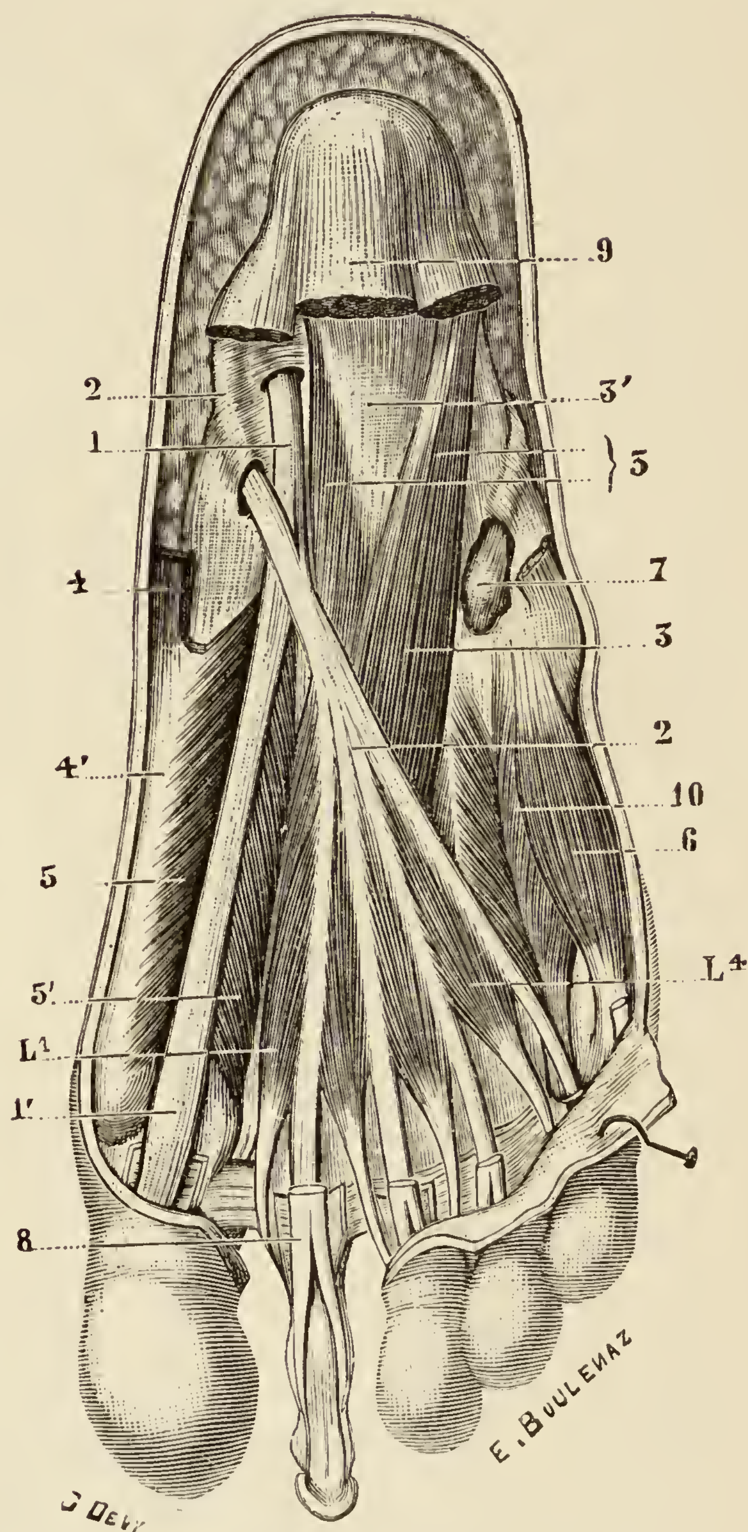


Fig. 157. — Muscles du pied. région plantaire (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', tendon du long fléchisseur propre du pouce. — 2, 2', tendons du long fléchisseur commun. — 4, 4', 5, 5', muscles de la loge interne, moteurs du gros orteil. — 6, muscles de la loge externe, moteurs du petit orteil. — 7, tendon du long péronier latéral. — 8, tendon, et 9, insertion postérieure du court fléchisseur commun, dont la partie moyenne a été enlevée. — 10, un muscle interosseux. — L^1, L^4, muscles lombricaux.

A. Région dorsale. — Elle n'existe pas à la main et ne comprend au pied qu'un seul muscle, le *pédieux* ou *court extenseur*

commun des orteils, qui va de la racine du pied par quatre tendons aux quatre premiers orteils et renforce l'action du grand extenseur commun.

B. Région plantaire. — De même qu'à la main, les muscles plantaires se groupent en trois loges, une *interne*, une *externe* et une *moyenne*.

a. *Loge interne.* — Elle correspond à la région thénar et renferme trois petits muscles, qui s'étendent des métatarsiens au gros orteil, dont ils sont moteurs.

b. *Loge externe.* — Analogue à la région hypothénar, elle comprend trois petits muscles moteurs du petit orteil.

c. *Loge moyenne.* — En outre des quatre *lombricaux* et des sept *interosseux*, dont la disposition et l'action sont identiques à ceux de la main, cette loge renferme un muscle plus superficiel, *le court fléchisseur commun des orteils*, homologue du fléchisseur superficiel des doigts. Il s'insère en arrière au calcanéum et se termine en avant par quatre tendons recouvrant ceux du fléchisseur commun, avec lesquels ils sont placés sous les orteils dans des gaines ostéo-fibreuses et qui les perforent ; ces tendons s'insèrent à la base de la deuxième phalange, dont ils sont fléchisseurs.

FONCTION DE NUTRITION

I

CIRCULATION

La circulation, la respiration et la digestion consituent les trois fonctions préparatoires de la nutrition proprement dite ; indispensables à la vie, elles dépendent l'une de l'autre et ont pour but commun de fournir à toutes les parties de l'organisme les matériaux nécessaires à leur développement et à leur entretien. Semblable à une machine, le corps a besoin pour vivre de brûler, en guise de charbon, les produits empruntés à l'alimentation ; or toute combustion nécessite la présence d'oxygène et donne des produits de déchet : c'est précisément à la circulation, qu'incombe le double rôle de charrier les matériaux de combustion, élaborés par la digestion, et l'oxygène, fourni par la respiration, pour les mettre à la portée des éléments de l'organisme, d'emporter ensuite les résidus vers les organes, qui les éliminent, comme on débarrasse de ses cendres le

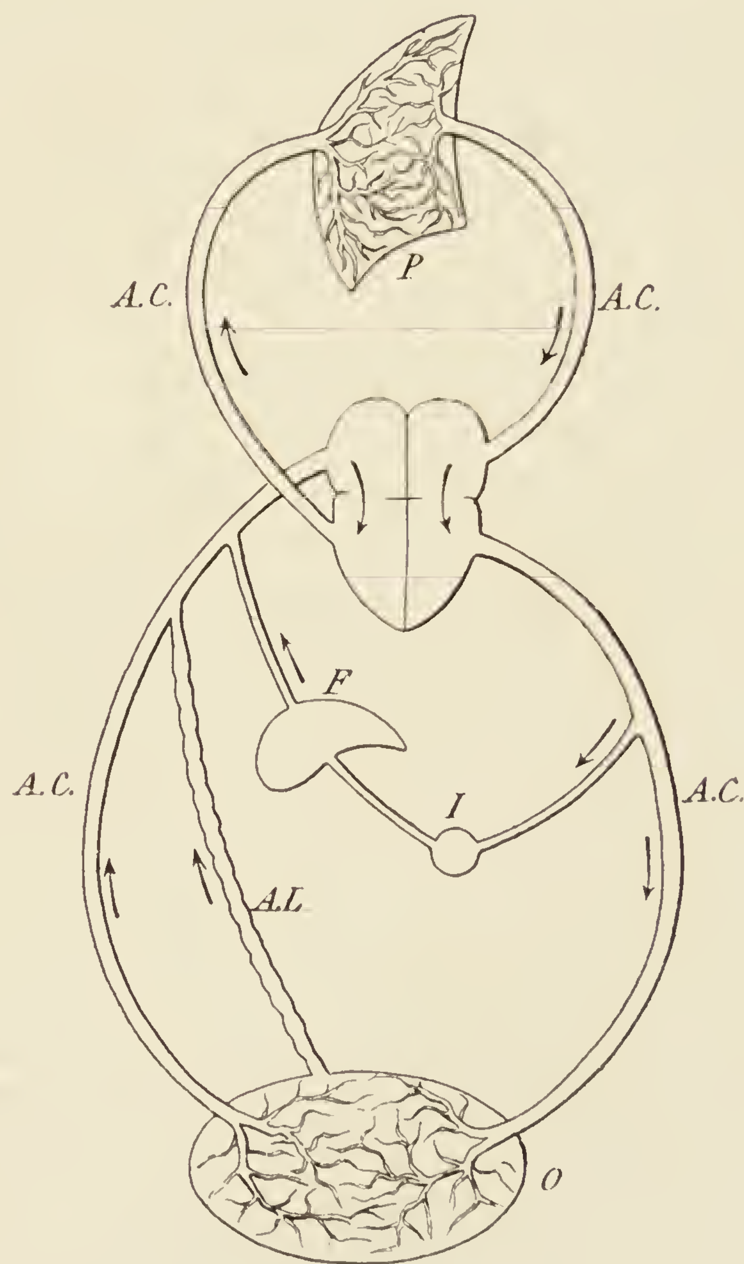


Fig. 158. — Schéma de la circulation sanguine et lymphatique.

AC, circulation sanguine. — P. poumon. — O, un organe quelconque. — I, F. intestin, foie et système porte .— AI, circulation lymphatique.

foyer d'une machine. Ces transports s'effectuent au moyen d'un liquide, le *sang*, sans cesse en mouvement dans un appareil spécial, l'*appareil circulatoire*, et accessoirement par la *lymphe*, contenue dans un autre système de canaux, les *lymphatiques* : ce dernier constitue un appareil de drainage par opposition avec l'appareil circulatoire, comparable à un système d'irrigation.

Nous aurons à étudier le *sang*, l'*appareil circulatoire*, le *mécanisme de la circulation*, enfin le *système lymphatique*.

CHAPITRE PREMIER

SANG

§ 1. — Caractères physiques

Le sang est un liquide alcalin, de saveur salée et fade, d'une couleur variant entre le rouge vermeil et le rouge foncé ; sa quantité équivaut à 1/13e du poids du corps, soit 5 litres pour le poids moyen de 65 kilogrammes : on considère comme mortelle la perte de la moitié de cette quantité.

§ 2. — Composition

La composition du sang est la suivante :

Partie solide.	Globules rouges.
	Globules blancs.
Partie liquide.	Fibrine.
	Sérum.
Gaz.	Oxygène.
	Acide carbonique.

A. Globules rouges. — a. *Dimensions, forme et nombre.* — Ce sont des corpuscules microscopiques arrondis, de 0mm,007 de diamètre sur 0mm,002 d'épaisseur ; ils ont la forme d'une lentille biconcave ; vus de face, ils ont l'aspect de disques plus minces au centre que sur les bords ; de profil, ils ont l'air de bâtonnets à extrémités renflées.

Dans une préparation de sang frais, on les voit au microscope s'empiler rapidement comme des pièces de monnaie.

On en compte en moyenne 5.000.000 par millimètre cube de sang; en plaçant bout à bout les globules rouges d'un homme adulte, on aurait une chaîne de 175 kilomètres de long avec 300 mètres carrés de surface.

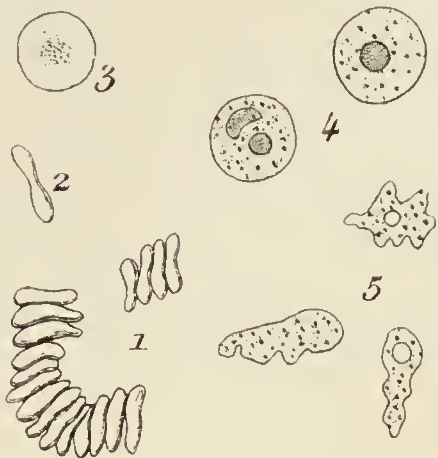


Fig. 159.— Globules sanguins.
1, globules rouges empilés. — 2, globule rouge vu de profil. — 3, globule rouge vu de face. — 4, globules blancs. — 5, les mêmes en mouvement et émettant des prolongements protoplasmiques.

b. *Structure*. — Les globules rouges sont formés d'une substance albuminoïde, la *globuline*, et d'une matière colorante, l'*hémoglobine*, à laquelle le sang doit sa couleur spéciale. Cette dernière est une combinaison organique de fer, qu'on peut retirer du sang et obtenir sous la forme cristalline. Au contact de l'air, elle absorbe de l'oxygène et forme l'*oxyhémoglobine*, qui est d'un rouge rutilant; les substances avides d'oxygène réduisent de nouveau celle-ci et la transforment en *hémoglobine réduite*, qui est au contraire d'un rouge foncé. L'hémoglobine emprunte à l'air des poumons de l'oxygène, qu'elle transporte au sein des tissus, qui la réduisent de nouveau : elle existe donc dans le sang des artères à l'état d'*oxyhémoglobine*, dans celui des veines à l'état d'*hémoglobine réduite*.

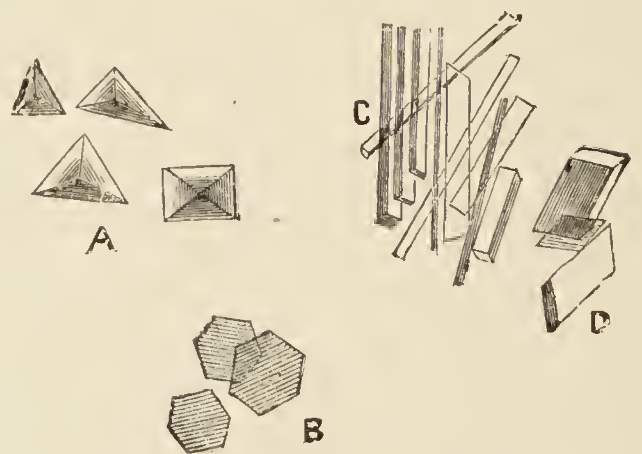


Fig. 160. — Cristaux d'hémoglobine (Pizon, *Anatomie animale*).
A, sang de cobaye. — B, sang d'écureuil. — C, D, sang humain.

B. Globules blancs. — Ils sont sphériques, incolores, plus volumineux, mais moins nombreux que les globules rouges : on en compte un blanc pour 500 rouges. On les trouve non seulement dans le sang, mais dans tout l'organisme et dans la lymphe. Formés d'un protoplasma granuleux, contenant un ou plusieurs noyaux, ils sont doués de mouvement, changent de forme et se déplacent, en émettant des prolongements comme les êtres inférieurs; de même que ceux-ci, ils s'incorporent les corpuscules, qui sont à leur contact. Enfin, ils jouent un rôle important dans les

maladies, pendant lesquelles ils deviennent très nombreux ; ils se dirigent sur les points de l'organisme, où pullulent les microbes, engagent la lutte contre eux, les tuent en les absorbant (phagocytose) et assurent la guérison, quand leur nombre arrive à triompher de celui des adversaires ; ceux, qui succombent à la tâche, constituent le pus.

C. Fibrine. — Elle n'existe pas dans le sang à l'état normal et ne se forme qu'après la sortie des vaisseaux, à la suite de la *coagulation*. Du sang placé dans un vase se transforme après quelques minutes en une gelée, qui se rétracte et laisse exsuder un liquide ; au bout de vingt-quatre heures, on distingue une partie solide, le *caillot*, nageant dans un liquide, le *sérum*. En examinant au microscope une parcelle de caillot, on aperçoit un réseau de filaments, qui s'entre-croisent en tous sens et qui sont formés de fibrine ; ce réseau emprisonne à la partie inférieure du caillot des globules rouges, agglomérés en une masse compacte, et à la partie supérieure une mince couche de globules blancs, qui, moins denses que les autres, sont restés à la surface [1].

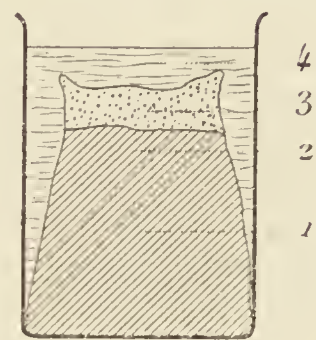


Fig. 161. — Coagulation du sang.

1, caillot. — 2, globules rouges. — 3, globules blancs. — 4, sérum.

C'est par le mécanisme de la coagulation que se fait l'arrêt de l'écoulement sanguin dans les plaies vasculaires ; elle ne survient jamais dans l'appareil circulatoire, tant que la paroi des vaisseaux est intacte et saine, mais l'introduction expérimentale de corps étrangers, l'inflammation ou toute autre altération de la paroi cardiaque ou vasculaire provoquent la formation de caillots [2].

D. Sérum. — Il se sépare par la coagulation des autres éléments du sang et est formé en majeure partie d'eau, contenant en pro-

[1] On peut facilement isoler la fibrine, en battant avec un balai du sang frais ; les filaments de fibrine s'attachent au balai et forment une masse blanchâtre et opaque.

[2] Le mécanisme intime de la formation de la fibrine est encore contesté : elle naîtrait d'une substance fibrinogène, contenue dans le plasma, sous l'influence d'un ferment particulier.

portions variables des matières albuminoïdes, des sublances ternaires et différents sels.

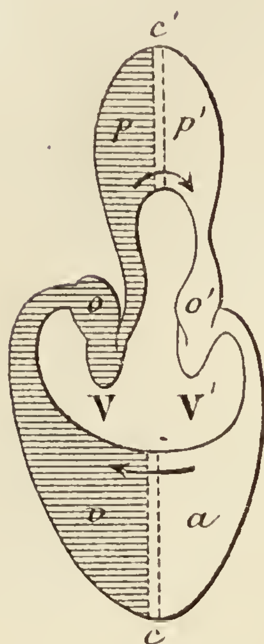


Fig. 162. — Répartition du sang rouge et du sang noir dans la circulation générale (Hédon, *Précis de physiologie*).

c' V' c, segment contenant le sang rouge. — c' V c, segment contenant le sang noir.

E. Oxygène. — On le trouve à l'état de combinaison avec l'hémoglobine ; le sang oxygéné renferme 18 p. 100 d'oxygène et a une couleur rouge vermeil, d'où son nom de *sang rouge* ou encore *artériel*, parce qu'il circule dans les artères périphériques ; le sang désoxygéné ne contient plus que 8 p. 100 d'oxygène, il est rouge foncé et forme le *sang noir*, encore appelé *veineux*, parce qu'il circule dans les veines périphériques. L'oxygénation du sang noir ayant lieu dans les poumons et la réduction dans les tissus, il s'en suit que les veines pulmonaires, le cœur gauche et les artères périphériques, renferment du sang rouge, et qu'au contraire les veines périphériques, le cœur droit et l'artère pulmonaire charrient le sang noir.

F. Acide carbonique. — Il est en dissolution dans le sérum et plus abondant dans le sang noir veineux (48 p. 100) que dans le sang rouge artériel (38 p. 100).

CHAPITRE II

ANATOMIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE

§ 1. — Schéma de la circulation

L'appareil circulatoire comprend un organe central de propulsion, le *cœur*, et une canalisation parfaitement close, les *vaisseaux sanguins*, qui sont de trois sortes, *artères*, *veines* et *capillaires*.

Ces vaisseaux se groupent de manière à former un double cycle, la *grande circulation* ou *circulation périphérique* et la *petite circulation* ou *circulation pulmonaire*.

A. Grande circulation. — Elle naît au cœur par l'*artère aorte*, qui se ramifie à l'infini et aboutit à un réseau microscopique de capillaires disséminés dans tous les tissus ; à ce réseau font suite les veines, qui se réunissent en deux troncs terminaux, se déversant à nouveau dans le cœur. La circulation périphérique est donc comparable à deux arbres, dont les troncs partiraient du cœur et dont les ramuscules entrelacés formeraient le réseau capillaire.

B. Petite circulation. — Elle a son origine également au cœur avec l'artère pulmonaire, qui forme un autre réseau capillaire dans les poumons ; à ces capillaires font suite des veines, se réunissant en quatre troncs principaux, qui reviennent au cœur. La disposition est identique à celle de la grande circulation et permet la même comparaison.

§ 2. — Cœur

Le cœur est un muscle creux, du volume d'un poing et ayant la forme d'une poire, avec une base et un sommet ou *pointe*.

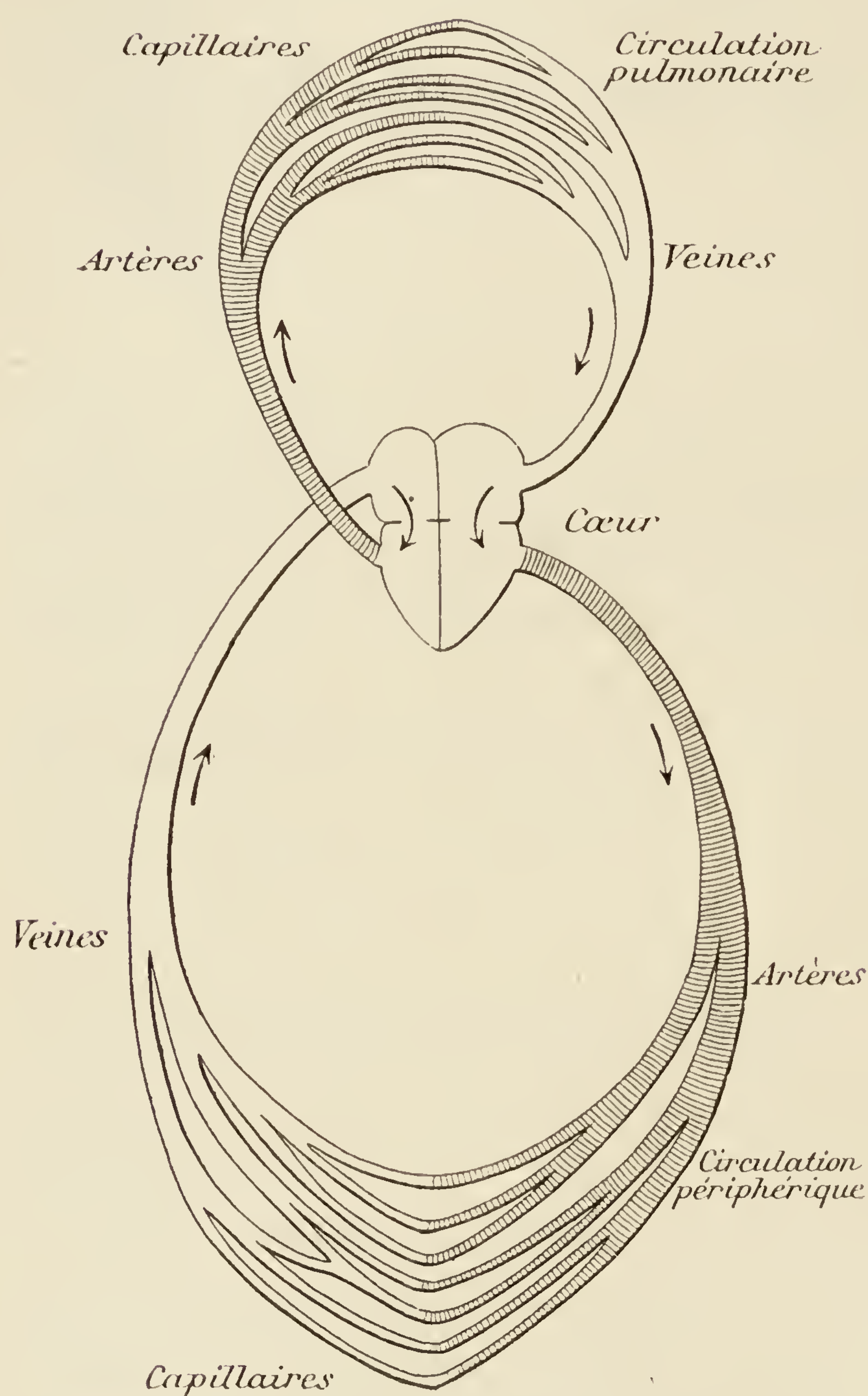


Fig. 163. — Schéma de l'appareil circulatoire, grande et petite circulation.

A. Situation. — Il est placé dans le thorax, en arrière du sternum et des cartilages costaux gauches, entre les poumons, qui s'écartent en avant pour le loger, et le diaphragme, sur lequel il repose ; sa base est tournée en haut et à droite, son grand axe est oblique, sa pointe regarde en bas et à gauche.

B. Péricarde. — Double sac membraneux complètement clos, il comprend une paroi externe, qui tapisse le pourtour de la loge cardiaque, et une paroi interne, qui revêt la surface du cœur ; les deux parois se rencontrent à la base du cœur et s'y insèrent : celui-ci est ainsi complètement mobile dans ce sac, dont les feuillets glissent l'un sur l'autre.

C. Conformation extérieure. — Un sillon circulaire dans le sens du grand axe divise le cœur en deux moitiés inégales, la gauche plus saillante que la droite ; on peut donc considérer le

cœur humain comme formé de deux cœurs juxtaposés, qui sont effec-

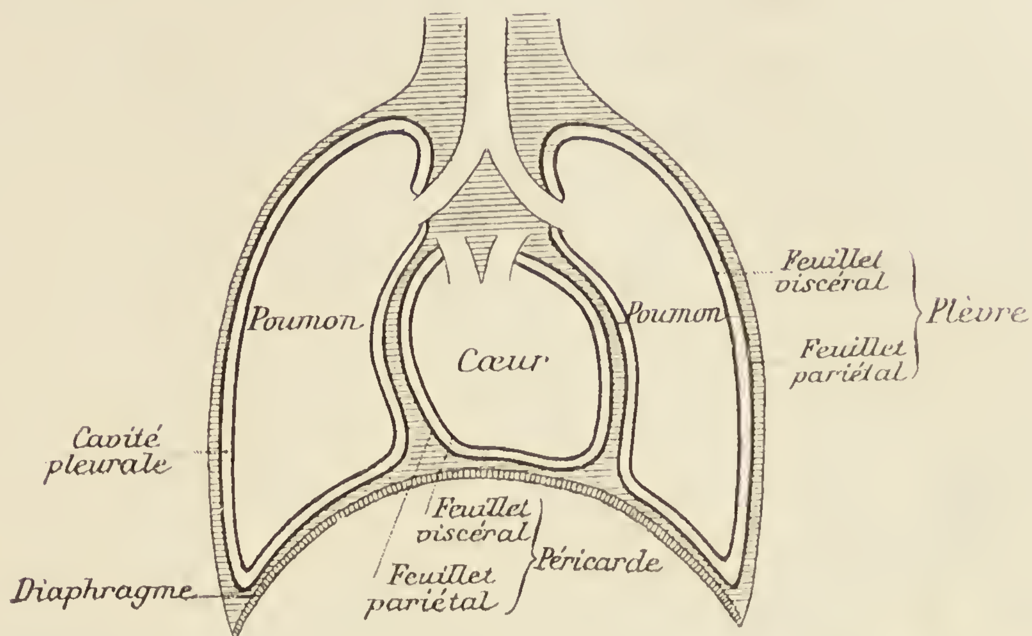


Fig. 164. — Coupe verticale et transversale du thorax, montrant la situation du cœur entre les deux poumons.

tivement séparés chez certains animaux. Un deuxième sillon, per-

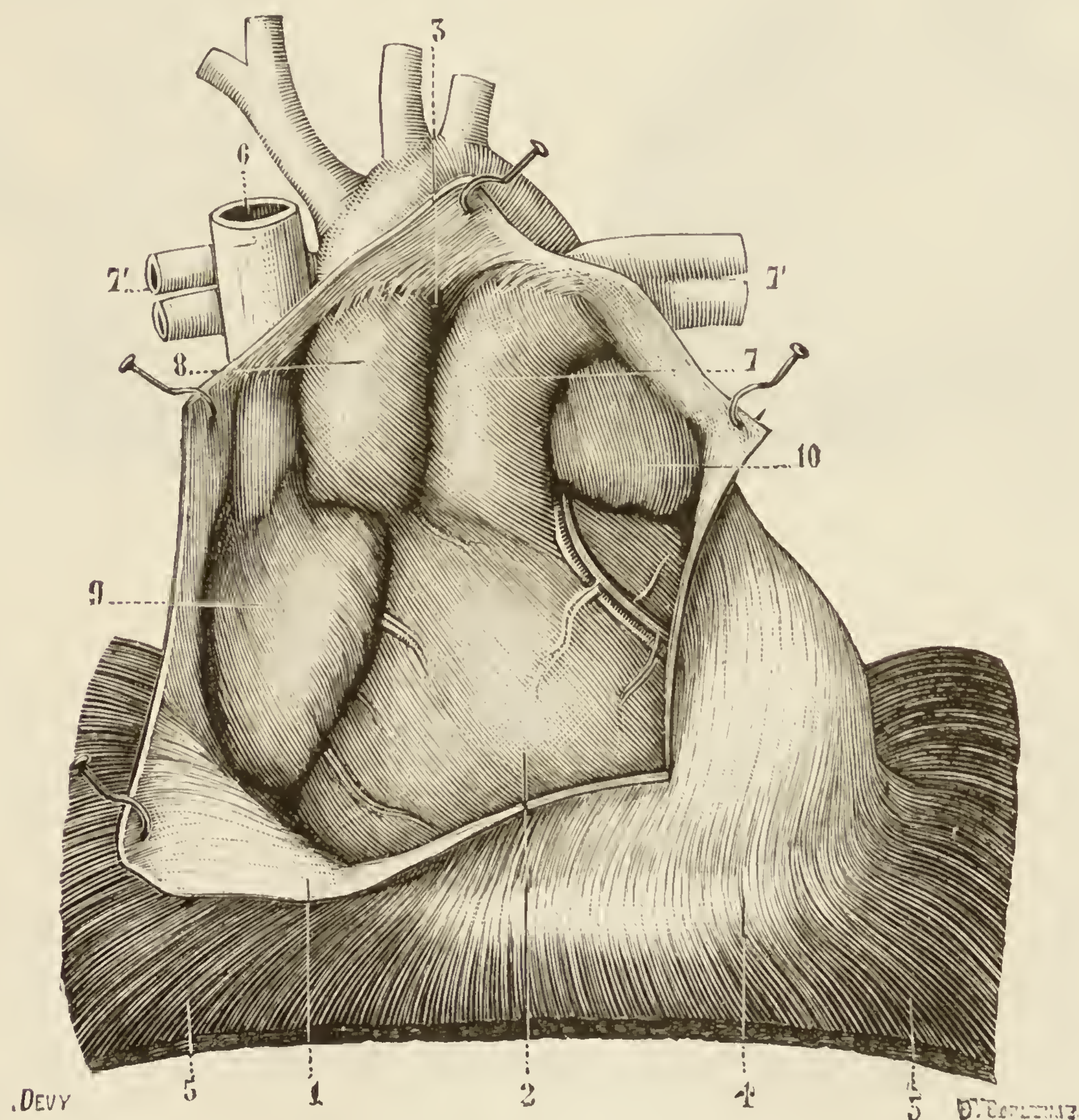


Fig. 165. — Cœur dans le péricarde (Testut, *Anatomie humaine*).

1, péricarde ouvert. — 2, face antérieure du cœur, recouverte par le feuillet viscéral. — 3, diaphragme. — 6, veine cave supérieure. — 7, artère pulmonaire avec 7', ses branches. — 8, aorte. — 9, oreillette droite. — 10, oreillette gauche.

pendiculaire au précédent, divise *le cœur droit* et *le cœur gauche* en

une partie supérieure, *l'oreillette*, et une partie inférieure, *le ventricule* : il existe donc *une oreillette gauche* et *une oreillette droite*, *un ventricule gauche* et *un ventricule droit*. Les oreillettes sont irrégulières et flasques, les ventricules ont une forme régulière et une surface dure et lisse.

Un ou plusieurs vaisseaux s'abouchent avec chacune des quatre

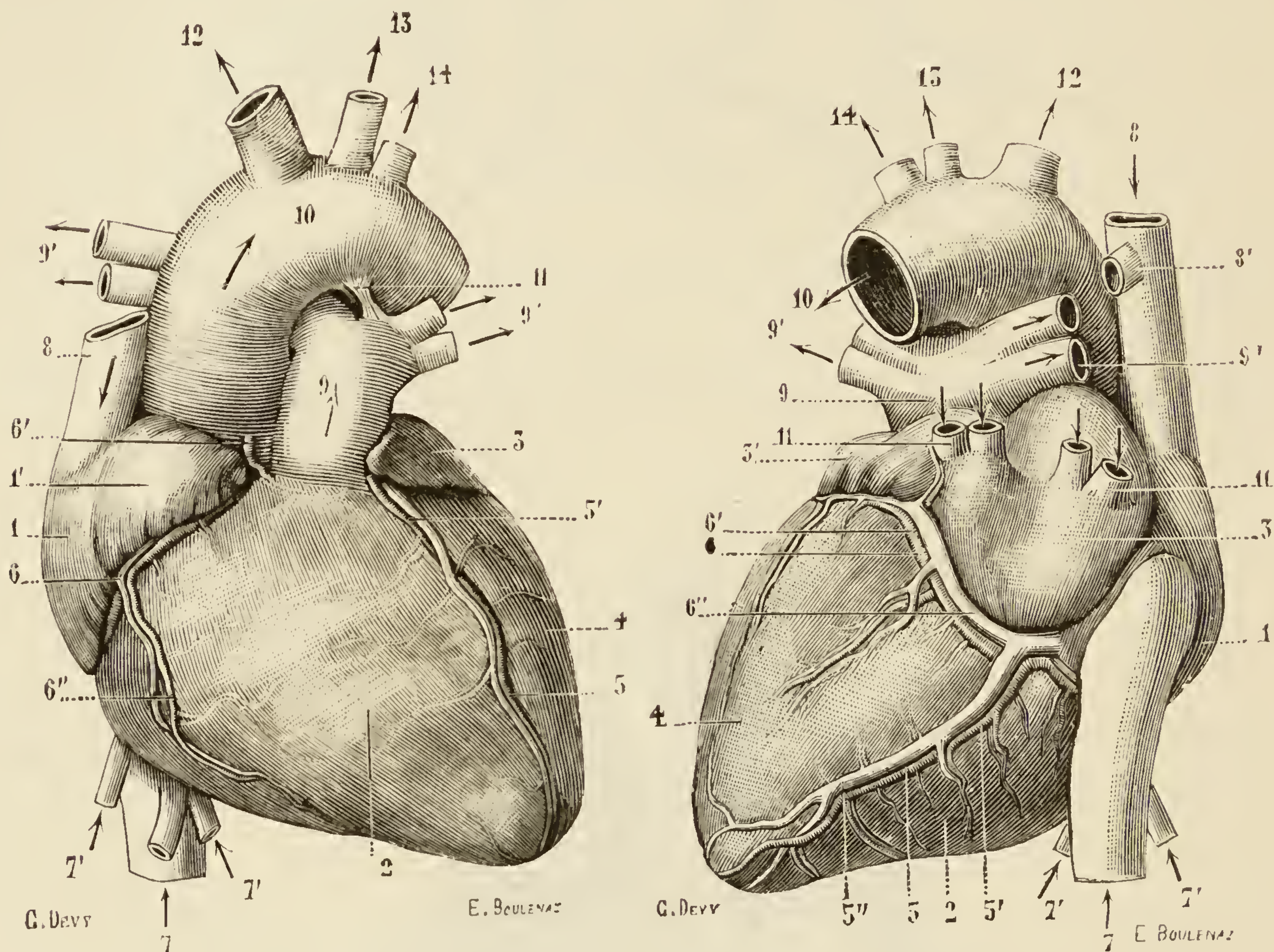


Fig. 166 et 167. — Cœur, vu par sa face anterieure et sa face posterieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', oreillette droite. — 2, ventricule droit. — 3, oreillette gauche. — 4, ventricule gauche. — 5, sillon interventriculaire, — 6', sillon auriculo-ventriculaire. — 7, veine cave inférieure. — 8, veine cave supérieure. — 9, 9', artère pulmonaire. — 10, aorte. — 12, tronc brachio-céphalique. — 13, carotide primitive gauche. — 14, sous-clavière gauche.

parties du cœur : ce sont *l'aorte* au ventricule gauche, *l'artère pulmonaire* au ventricule droit, les *deux veines caves* à l'oreillette droite, les *quatre veines pulmonaires* à l'oreillette gauche.

D. Conformation intérieure. — Aux deux sillons correspondent deux cloisons délimitant quatre cavités, qui coïncident avec les subdivisions extérieures et portent les mêmes dénominations.

a. *Ventricule gauche*. — Il a une forme ovoïde et une paroi épaisse de 1cm,5 ; sa face intérieure est hérissée de saillies musculaires, *les colonnes charnues du cœur ; la cloison interventriculaire* le sépare du ventricule droit. A la base on remarque un orifice, qui le fait communiquer avec l'oreillette gauche : c'est *l'orifice auriculo-ventriculaire gauche ;* la *valvule mitrale* ou *bicuspide* est une soupape membraneuse en forme de mitre d'évêque, dont la base s'insère au pourtour de l'orifice précédent et dont le bord inférieur libre est découpé en deux valves, auxquelles se fixent par de

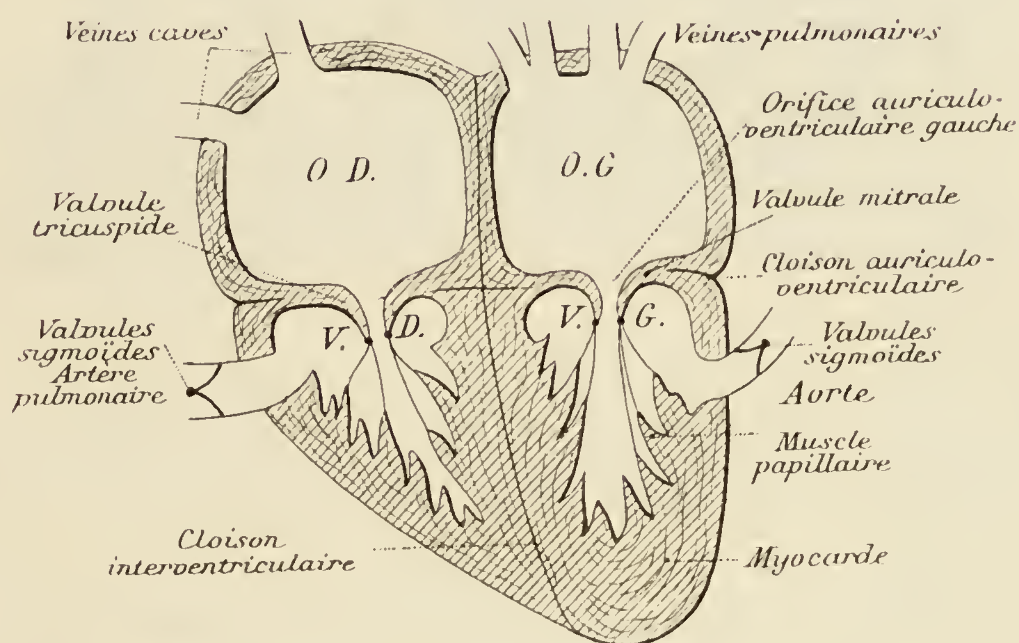


Fig. 168. — Coupe schématique du cœur, montrant sa conformation intérieure.

grêles cordons tendineux de minces muscles, dits *muscles papillaires*, qui s'attachent par leur autre extrémité aux parois du ventricule.

Sur la surface antérieure, près de la base du ventricule, se trouve *l'orifice aortique*, où prend naissance l'artère de même nom : son pourtour est garni de trois replis membraneux, *les valvules sigmoïdes*, en forme de nids de pigeon ; chacune présente un bord libre, dirigé dans la lumière de l'aorte et pourvu à sa partie moyenne d'un épaississement, qui permet l'affrontement exact des valvules et l'occlusion hermétique du vaisseau.

b. *Ventricule droit*. — Sa paroi, moins épaisse, mesure un demi-centimètre seulement et l'intérieur présente également des colonnes charnues. Sa disposition est identique à celle du ventricule gauche : un *orifice auriculo-ventriculaire droit* le fait communiquer avec

l'oreillette droite et il est pourvu d'une *valvule tricuspide*, qui présente, non pas deux, mais trois valves, auxquelles s'attachent des

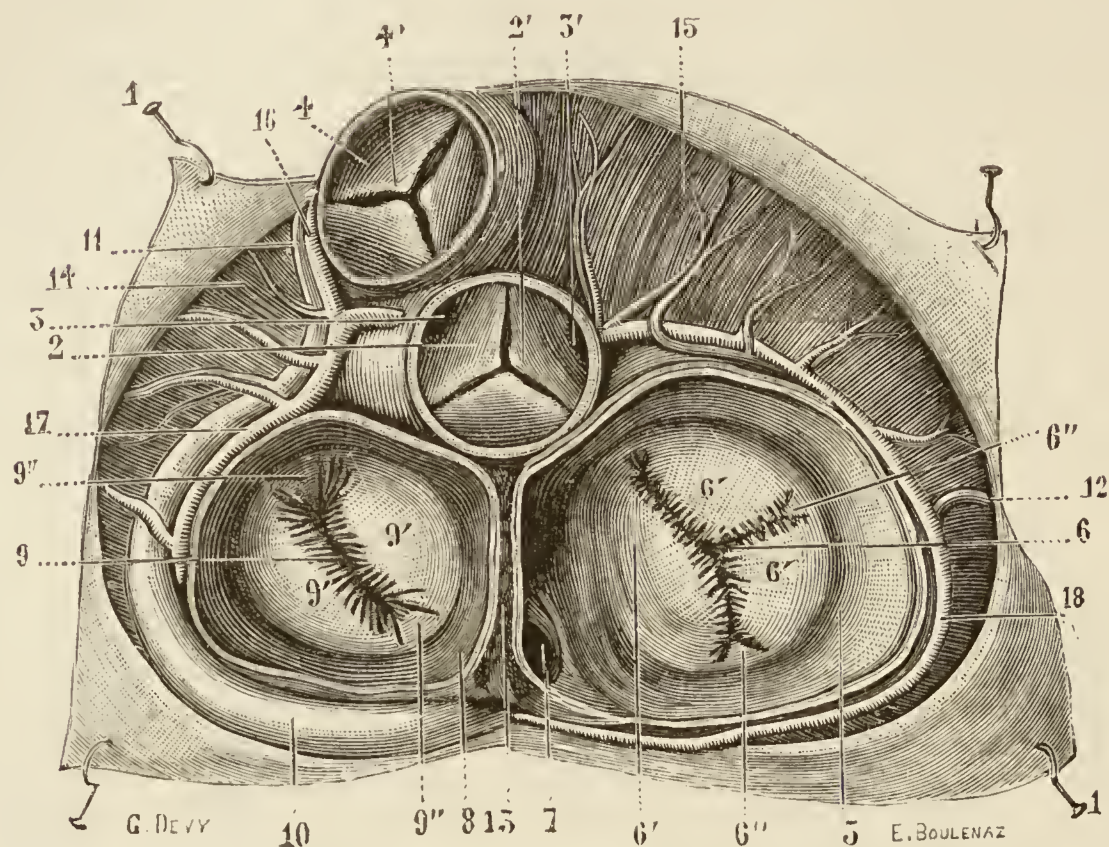


Fig. 169. — Base des ventricules, vue d'en haut (Testut, *Anatomie humaine*).

2, orifice aortique avec ses valvules sigmoïdes. — 4, orifice de l'artère pulmonaire avec ses valvules sigmoïdes. — 6, orifice auriculo-ventriculaire droit. — 6', valvule tricuspide. — 9, orifice auriculo-ventriculaire gauche. — 9', valvule mitrale. — 13, coupe de la cloison interauriculaire. — 14, ventricule gauche. — 15, ventricule droit.

muscles papillaires; un *orifice pulmonaire* abouche l'artère de même nom avec le ventricule droit et présente, comme l'orifice aortique, *trois valvules sigmoïdes*.

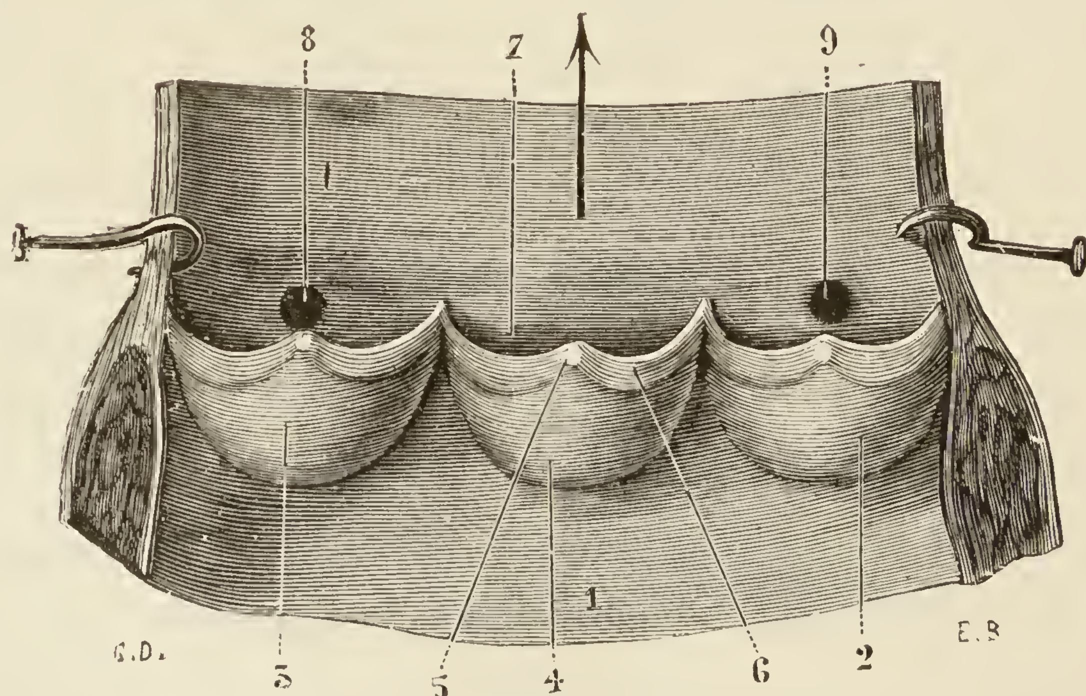


Fig. 170. — Valvules sigmoïdes de l'orifice aortique (Testut, *Anatomie humaine*).

c. *Oreillette gauche.* — Situé au-dessus du ventricule gauche, avec lequel il communique, il est séparé de l'oreillette droite par

la *cloison interauriculaire*. A sa face supérieure, on voit les orifices des quatre veines pulmonaires, dépourvus de valvules.

d. *Oreillette droite*. — Elle est analogue à l'oreillette gauche, mais ne présente que deux orifices pour les veines caves.

D. Structure. — Le muscle cardiaque ou *myocarde* est composé de fibres striées comme les muscles ordinaires, mais elles pré-

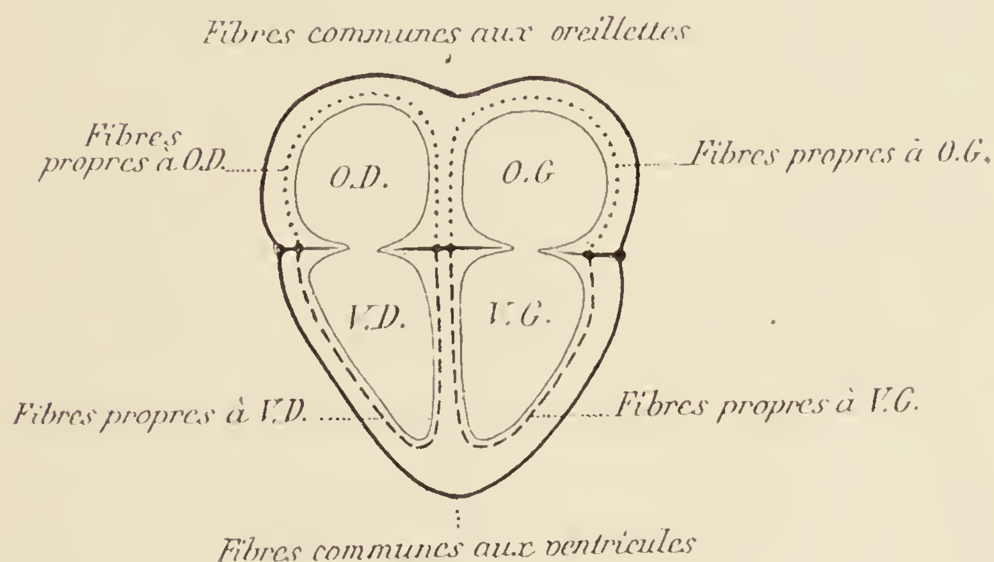


Fig. 171. — Représentation schématique des fibres du myocarde.

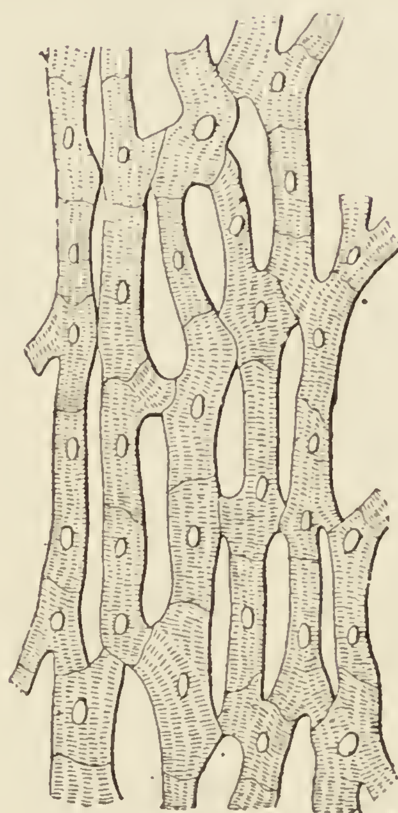


Fig. 172. — Réseau de fibres musculaires du cœur (Testut, *Anatomie humaine*).

sentent la double particularité d'être ramifiées et de s'anastomoser entre elles. Ces fibres prennent leurs insertions sur des anneaux cartilagineux, qui entourent les quatre orifices ventriculaires et constituent en quelque sorte le squelette du cœur. Leur disposition permet de les classer en quatre groupes :

Fibres propres à chaque ventricule ;
Fibres propres à chaque oreillette ;
Fibres communes aux ventricules ;
Fibres communes aux oreillettes.

Cet arrangement permet de prévoir que les contractions des oreillettes sont simultanées et qu'il en est de même pour les deux ventricules et, en outre, que celles des premières doivent être indépendantes de celles des seconds.

§ 3. — Artères

Elles représentent des canaux membraneux, élastiques et contractiles, destinés à conduire le sang du cœur aux capillaires de la périphérie et des poumons.

A. Trajet. — Les artères ont en général une direction rectiligne : elles sont profondément situées et protégées par des couches musculaires ; pour éviter l'élongation, elles tendent à se placer aux membres du côté de la flexion : ainsi l'artère fémorale suit autour de la cuisse un trajet spiroïde, de manière à devenir postérieure au genou après avoir été antérieure à l'aine.

B. Bifurcations et anastomoses. — Les deux troncs artériels, aorte et artère pulmonaire, se subdivisent à l'infini en branches, rameaux et ramuscules ; la somme des diamètres de deux branches est toujours supérieure au diamètre du tronc, qui leur donne naissance : d'où la comparaison de chaque système artériel avec un cône divergent, dit *cône artériel*, dont le sommet serait représenté par la surface de section du tronc principal à sa naissance, la base par la surface de section idéale des ramuscules ultimes.

Les divisions artérielles de la circulation périphérique ont lieu généralement au niveau des segmentations du corps, cou, coude, genou ; des branches de bifurcation, les unes s'épuisent dans le segment, les autres gagnent le segment suivant.

Les anastomoses établissent entre les différentes artères des communications, qui permettent l'arrivée du sang dans un membre ou un organe par voie détournée, quand la voie directe est interrompue. Les artères du cerveau sont les seules qui ne s'anastomosent pas ; l'obstruction de l'une d'elles entraîne fatalement des lésions irrémédiables dans le département irrigué et désormais privé de sang.

C. Structure. — L'épaisseur de la paroi artérielle est proportionnelle au calibre du vaisseau. Les grosses artères sont formées de

fibres élastiques disposées en une double couche, l'une longitudinale, l'autre circulaire et de quelques fibres musculaires lisses : l'abondance des éléments élastiques fait que la section transversale d'un gros tronc artériel reste béante. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur, la richesse de la tunique artérielle en fibres musculaires augmente, tandis que les fibres élastiques diminuent ; dans les artérioles on ne rencontre plus que des fibres musculaires, formant une couche concentrique autour de la lumière du vaisseau. En raison de cette différence de structure, une plaie artérielle est d'autant plus dangereuse que le vaisseau lésé est de plus gros calibre, parce que les fibres élastiques maintiendront écartés les bords de la plaie.

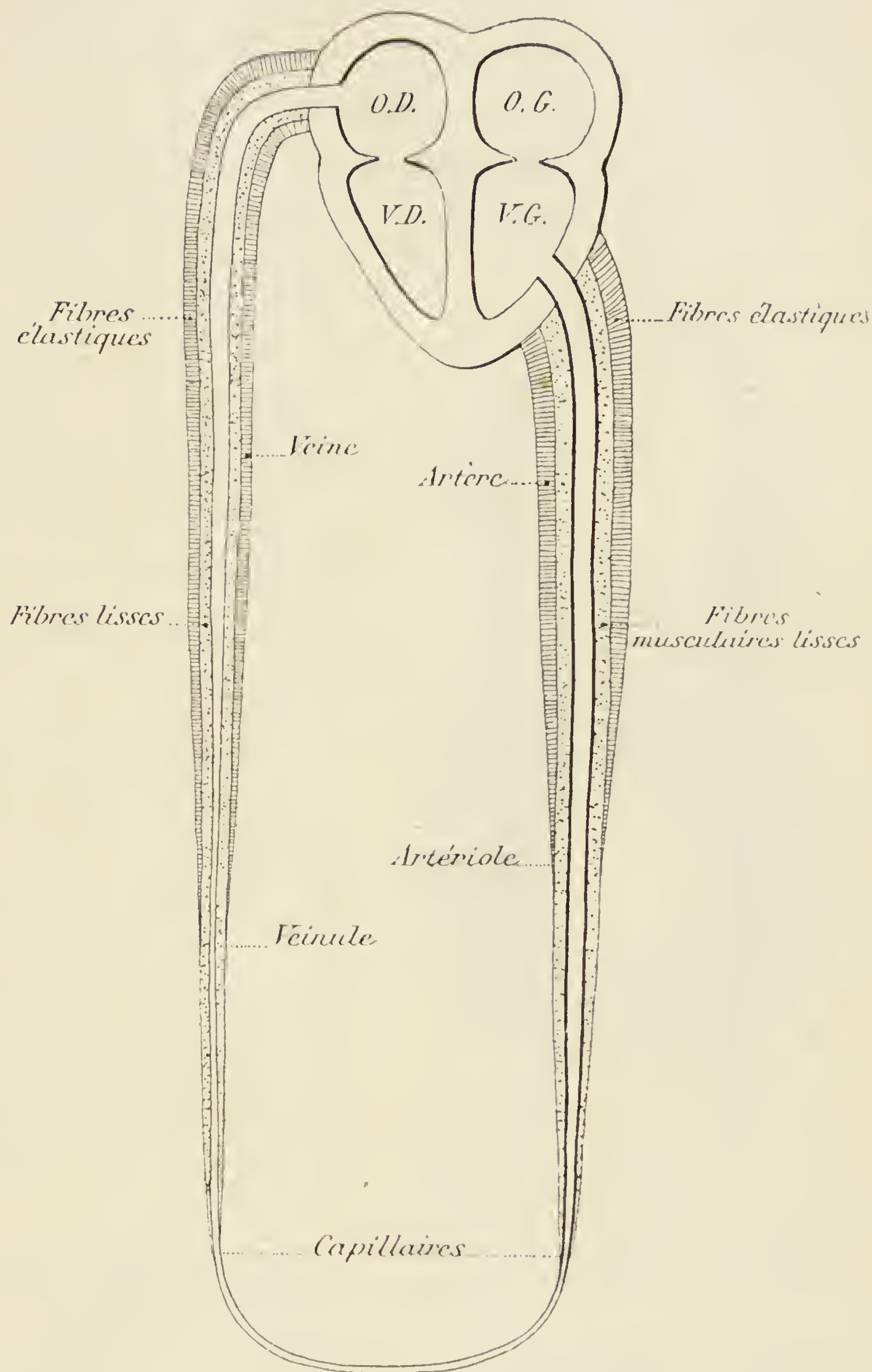


Fig. 173. — Schéma représentant la structure des vaisseaux sanguins.

§ 4. — Veines

Les veines sont les canaux membraneux, qui conduisent au cœur le sang des capillaires périphériques et pulmonaires.

A. Modes d'abouchement et anastomoses. — Les capillaires donnent naissance aux veinules, qui forment des rameaux, des branches et des troncs veineux; l'ensemble peut être également représenté par un cône, *le cône veineux*, mais à l'inverse des artères, il est convergent des extrémités vers le cœur.

Les anastomoses sont beaucoup plus nombreuses que pour le système artériel.

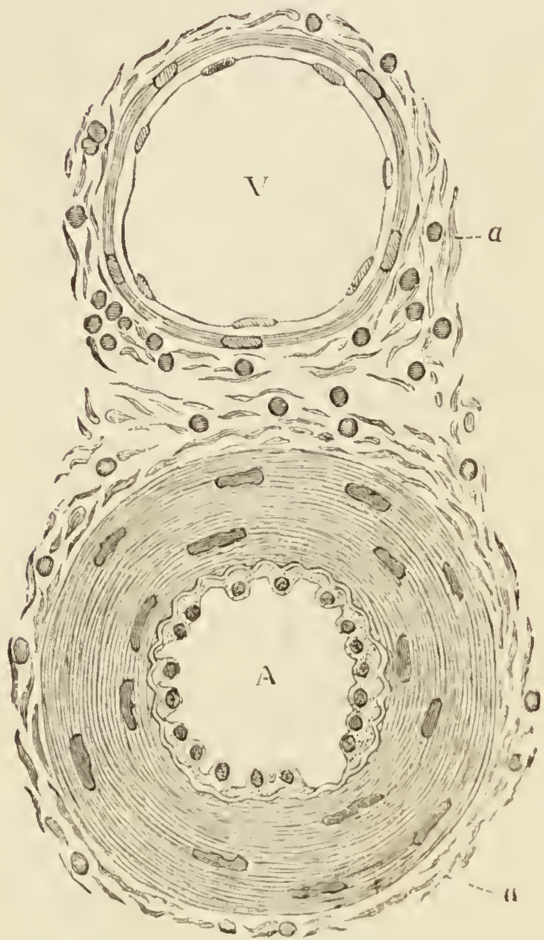


Fig. 174. — Coupe transversale d'une artériole et d'une veinule (Testut, *Anatomie humaine*).

A, artériole avec une couche épaisse de fibres lisses circulaires. — V, veine avec fibres parcimonieuses.

B. Trajet et rapport avec les artères. — Il existe deux plans veineux, l'un *superficiel*, l'autre *profond* ; le premier est formé de veines cheminant sous la peau, où elles forment des cordons bleuâtres; le second est constitué par les veines satellites des artères, qu'elles suivent branche à branche. Aux membres, il y a toujours deux veines pour une artère et à la racine des membres les veines superficielles s'unissent aux profondes ; la capacité du système veineux est donc bien plus grande que celle du système artériel.

C. Système porte. — Le satellisme des veines n'existe cependant pas pour les organes abdominaux : les veines de la rate, de l'estomac et de l'intestin forment un tronc, *la veine porte*, qui va se ramifier de nouveau dans le foie et y former un réseau capillaire. Le système-porte est donc comparable à un arbre, dont les ramifications abdominales seraient les racines, la veine porte le tronc, les ramifications hépatiques les branches.

D. Structure. — La paroi veineuse est mince, transparente et très dilatable; elle comprend des fibres musculaires lisses et un réseau élastique, mais ce dernier est beaucoup moins abondant

que dans la paroi artérielle, de sorte que les plaies des veines offrent moins de danger que celles des artères : les lèvres de la section s'accolent et facilitent ainsi l'arrêt de l'hémorragie. De même une veine sectionnée en travers s'affaisse et ne reste pas béante.

Dans l'intérieur des veines on trouve des *valvules*, replis membraneux mobiles, apposés comme des nids d'hirondelle contre la paroi interne; tantôt il n'y en a qu'une et dans ce cas elles alternent par leurs insertions sur des parois opposées, tantôt elles sont par deux ou trois. Leur nombre est variable : abondantes dans les veines des membres inférieurs, rares dans celles des membres supérieurs, elles manquent dans les veines caves, pulmonaires et porte.

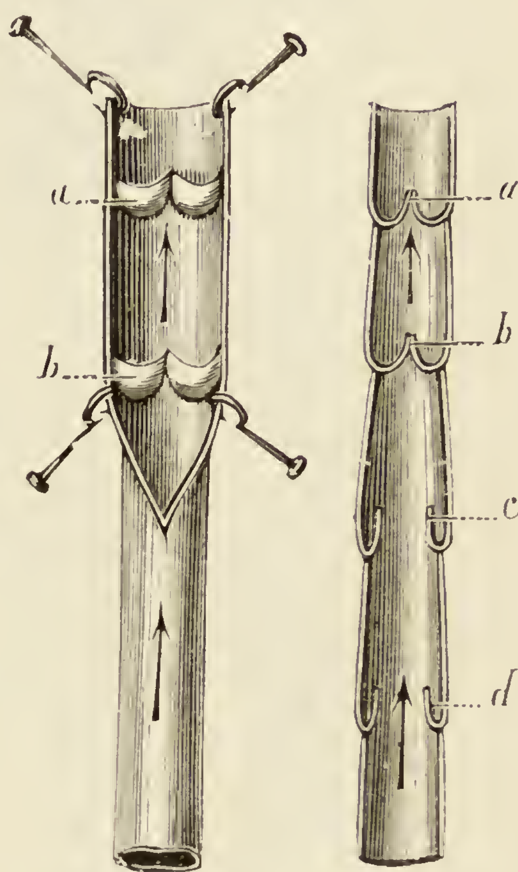


Fig. 175. — Disposition des valvules veineuses (Testut, *Anatomie humaine*).

§ 5. — Capillaires

Ils forment un réseau inextricable dans tous les tissus et organes du corps ; leur paroi est d'une minceur extrême.

Leur abouchement avec les artères et les veines se fait d'une manière insensible : les artérioles diminuent progressivement de calibre, prennent une structure plus simple et se transforment en capillaires ; la veinule naît d'un cul-de-sac, formé par le confluent de plusieurs capillaires.

§ 6. — Description des principales artères et veines

A. Grande circulation. — a. *Aorte*. — Elle s'étend de la base du ventricule gauche à l'extrémité inférieure de la colonne vertébrale et comprend deux parties, *la crosse de l'aorte* et *l'aorte descendante*.

La crosse de l'aorte forme une arcade à concavité inférieure et dirigée d'avant en arrière: son extrémité postérieure s'applique

contre le côté gauche de la colonne vertébrale et ses branches sont le *tronc brachio-céphalique*, la *carotide primitive gauche* et la *sous-clavière gauche*. Le premier se divise, après un court trajet, sous la clavicule droite, en *carotide primitive droite* et *sous-clavière droite*. La carotide primitive, située sur le côté du cou, se subdivise en *carotide externe* et *carotide interne*, qui irriguent le cou, la face, la tête et le cerveau. La sous-clavière passe sous la clavicule, prend le nom *d'axillaire* dans le creux de l'aisselle et fournit des branches au cou et à l'épaule ; elle est continuée au bras par l'*humérale*, qui se bifurque au pli du coude en *radiale* et *cubitale* ; celles-ci irriguent l'avant-bras et se terminent dans la paume de la main par deux arcades anastomotiques, dont naissent les petites artères des doigts.

L'aorte descendante, située sur le côté gauche de la colonne vertébrale, fournit des branches au cœur, aux bronches et à la paroi thoracique ; puis elle passe du thorax dans l'abdomen, par un orifice que circonscrivent les piliers

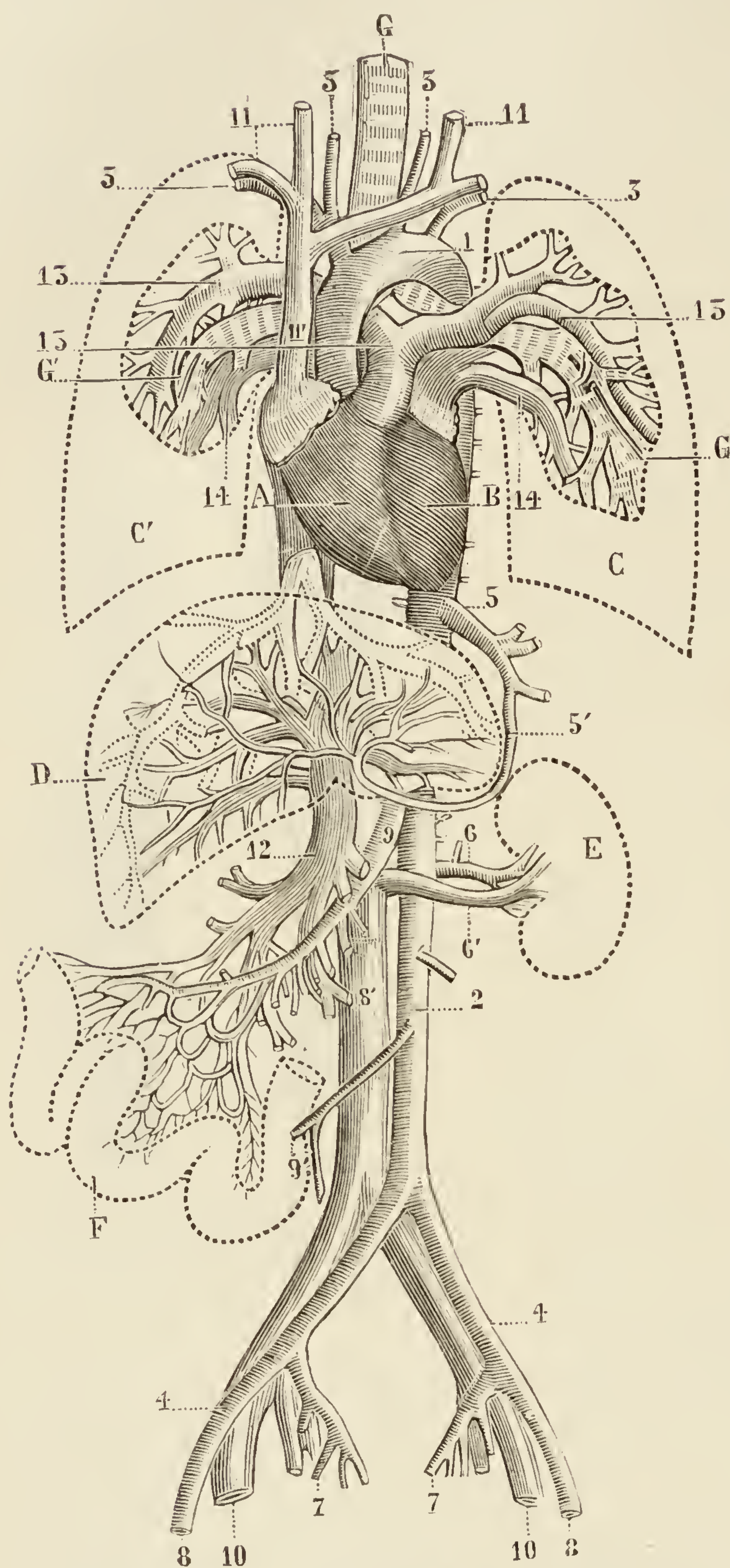


Fig. 176. — Principales artères et veines de la circulation (Testut, *Anatomie humaine*).

A, cœur droit. — B, cœur gauche. — C, C', poumons. — D, foie. — E, reins. — F, intestin. — G, trachée. — G', ramifications bronchiques. — 1, crosse de l'aorte. — 2, aorte descendante. — 3, troncs artériels pour la tête et le membre supérieur. — 4, troncs artériels pour le bassin et le membre inférieur. — 5, 5', 6, 9, artères pour les viscères abdominaux. — 7, branches de l'artère iliaque interne. — 8, artère iliaque externe. — 10, branches d'origine de la veine cave inférieure. — 11, branches d'origine de la veine cave supérieure. — 12, veine porte. — 13, artères pulmonaires. — 14, veines pulmonaires.

du diaphragme, fournit de nombreuses collatérales aux viscères abdominaux et se bifurque au niveau de la quatrième vertèbre lombaire en deux branches terminales, les *iliaques primitives*. Cha-

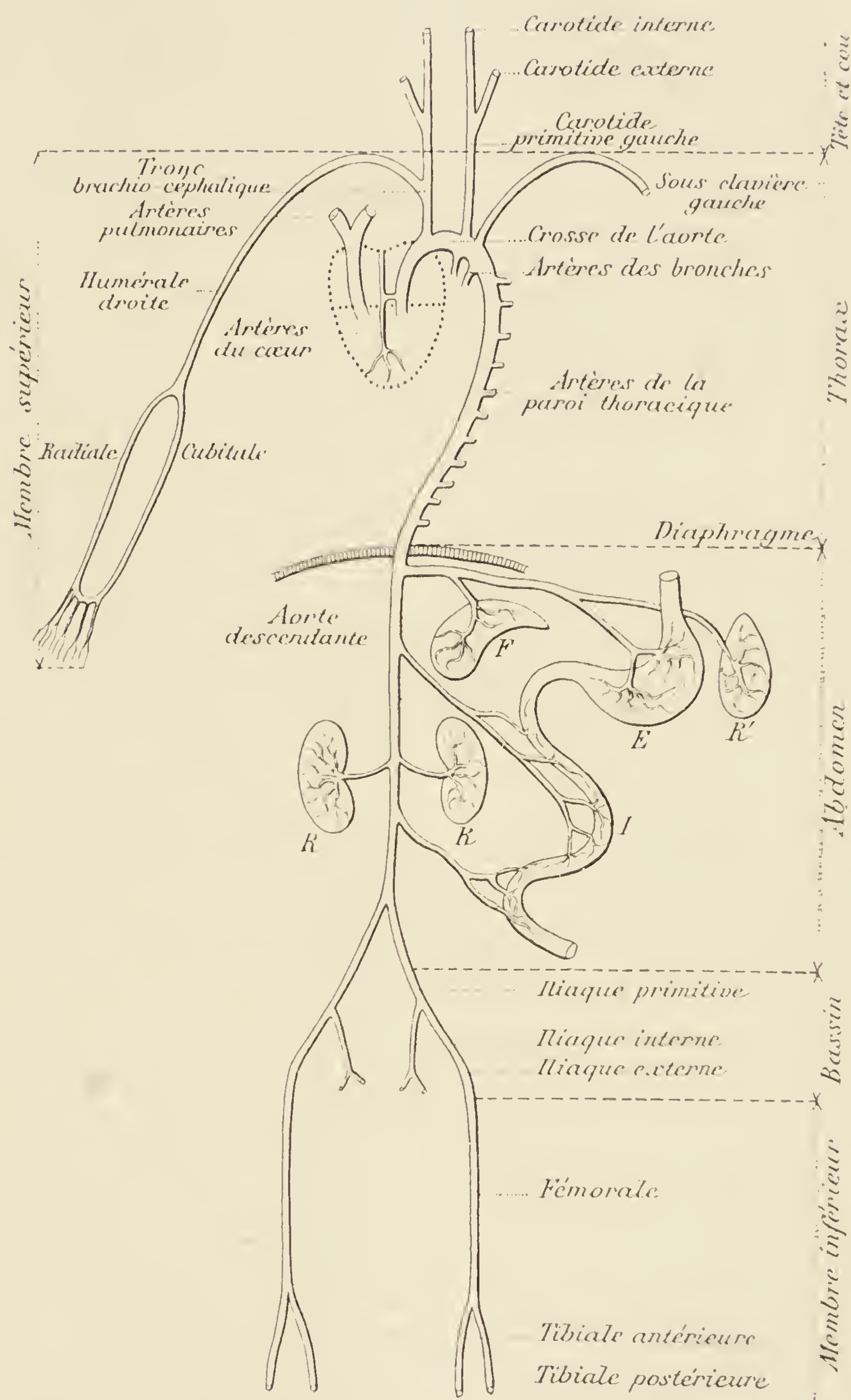


Fig. 177. — Schéma du système artériel périphérique (d'après Pizon, *Anatomie animale*). E, estomac. — I, intestin. — F, foie. — R, R, reins. — R', rate.

cune de celles-ci donne naissance, après un court trajet, à l'*iliaque interne*, destinée aux organes du bassin, et à l'*iliaque externe*, qui se continue au pli de l'aine avec la *fémorale*, située à la partie

antérieure, puis interne de la cuisse. La *poplitée* fait suite à la fémorale au sommet du creux du jarret et se termine à l'extrémité

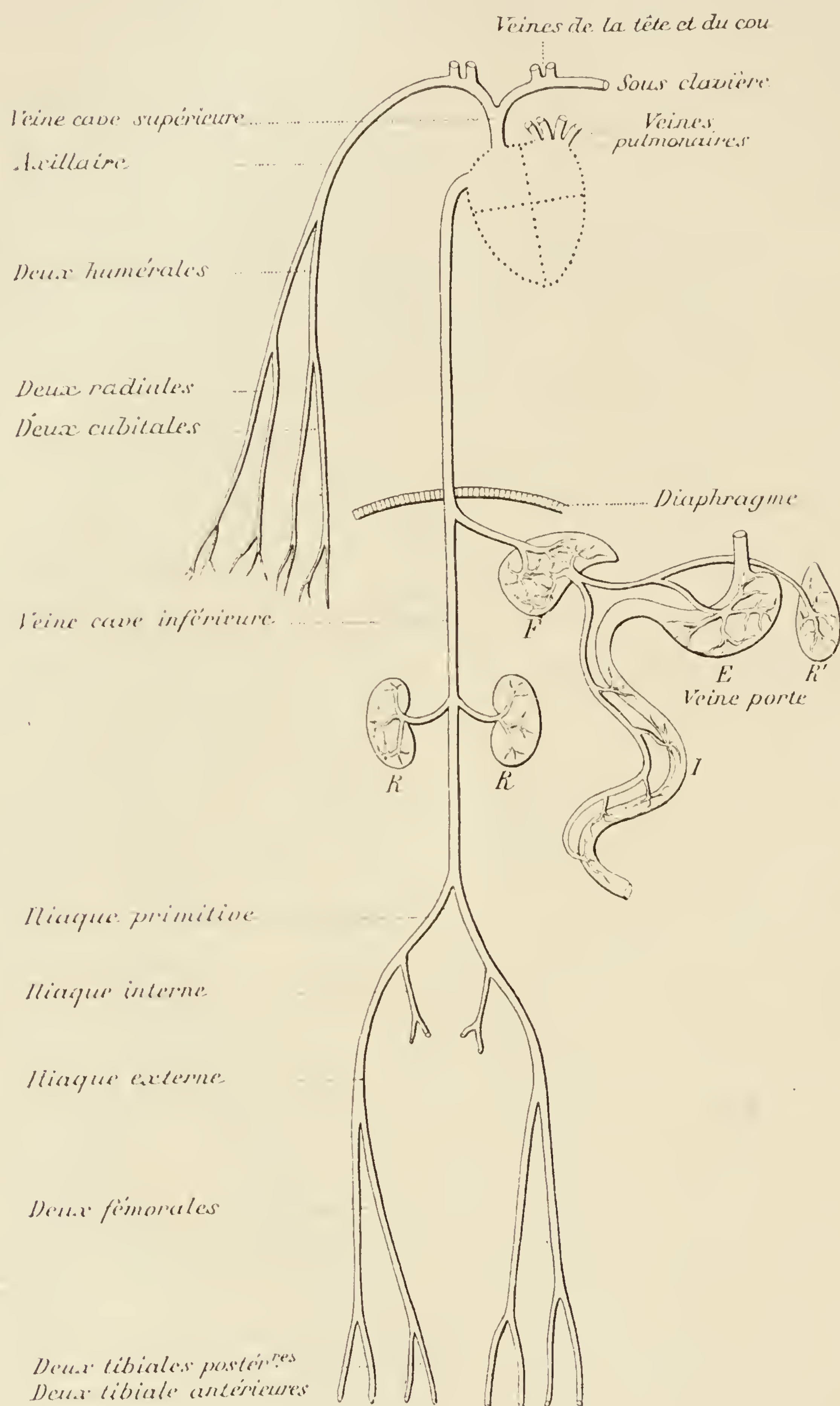


Fig. 178. — Schéma du système veineux périphérique et de la veine porte (d'après Pizon, *Anatomie animale*).

E, estomac. — I, intestin. — R', rate, dont les veines constituent les branches d'origine de la veine porte, qui traverse le foie, F. — R, R, reins.

inférieure de celui-ci par la *tibiale antérieure*, la *péronière* et la *tibiale postérieure*. La première parcourt les muscles de la région antérieure de la jambe et s'épuise sur le dos du pied : les deux

autres descendent en arrière de la jambe le long des os correspondants et se terminent à la plante du pied.

b. *Veines caves.* — Les veines correspondent aux artères, portent les mêmes noms et finissent par deux troncs terminaux, la *veine cave supérieure* et la *veine cave inférieure.* L'une est constituée par le confluent des *deux veines sous-clavières*, ramenant le sang des membres supérieurs, et des *veines jugulaires* descendant de la tête; l'autre naît au point de bifurcation de l'aorte par l'union des veines *iliaques primitives*, monte le long de la colonne vertébrale et reçoit le sang de toute la portion sous-diaphragmatique du corps ; les deux se jettent dans l'oreillette droite.

B. Petite circulation. — a. *Artère pulmonaire.* — Née du ventricule droit, elle s'enlace autour de l'aorte et après un court trajet se bifurque en deux branches, qui se placent sous les bronches ; la droite se divise à l'infini dans le poumon droit, la gauche dans le poumon gauche.

b. *Veines pulmonaires.* — Au nombre de deux pour chaque poumon, elles sont placées en arrière de l'artère correspondante après leur sortie du tissu pulmonaire et se terminent à l'oreillette gauche.

CHAPITRE III

MÉCANISME DE LA CIRCULATION

La circulation pulmonaire a été découverte par Michel Servet vers le milieu du XVI[e] siècle ; Harvey a reconnu le mouvement du sang dans la grande circulation en 1628. Parmi les expérimentateurs modernes, qui ont contribué à élucider ce mécanisme, il faut citer Chauveau, François Franck et Marey.

Le sang parcourt incessamment et toujours dans le même sens l'appareil circulatoire, en accomplissant le double circuit suivant :

Grande circulation : ventricule gauche, artères, capillaires et veines périphériques, oreillette droite ;

Petite circulation : ventricule droit, artères, capillaires et veines pulmonaires, oreillette gauche.

Un globule rouge effectue ce parcours en vingt-huit secondes, soit 4.000 fois en vingt-quatre heures.

La progression incessante du sang est due à deux facteurs généraux, le *mouvement du cœur* et la *pression sanguine*, et à des facteurs locaux, l'*élasticité* et la *contractilité des vaisseaux artériels et veineux*, auxquelles s'ajoutent, pour les veines, leurs *nombreuses anastomoses*, le *jeu de leurs valvules* et des causes extrinsèques, telles que le *battement des artères*, les *contractions musculaires* et l'*aspiration thoracique;* l'orientation du courant sanguin toujours dans le même sens tient aux valvules de l'appareil circulatoire.

§ 1. — Mouvements du cœur et circulation cardiaque

Si le muscle cardiaque se rapproche anatomiquement des muscles striés, physiologiquement il est doué, comme les muscles

lisses, de contractions indépendantes de notre volonté ; mais les contractions, au lieu d'être lentes comme pour ces derniers, sont brusques comme chez les premiers.

Le cœur présente dans un ordre rythmique et alternatif une contraction, la *systole*, et un relâchement, la *diastole*, dont l'ensemble forme la *révolution cardiaque*; ces mouvements orientent le courant sanguin dans une direction invariable et se traduisent par un *choc* visible ainsi que par des *bruits* perceptibles à l'oreille et dont la succession régulière constitue le *rythme du cœur*.

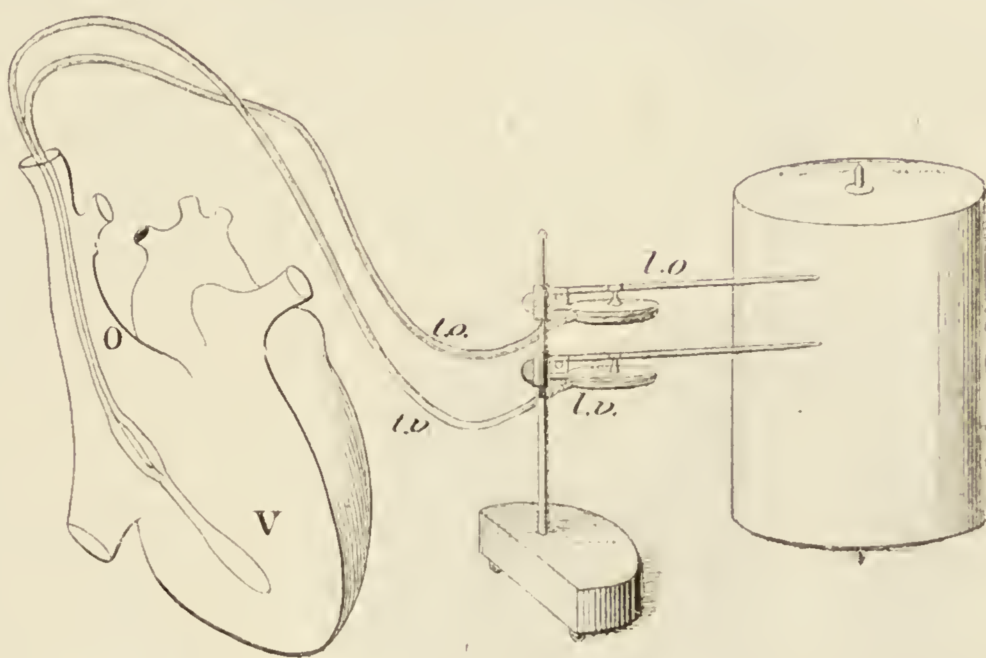


Fig. 179. — Disposition schématique du cardiographe (Hédon, *Précis de physiologie*).

V, ventricule droit, renfermant une ampoule reliée par le tube *tv* au tambour enregistreur *lv*. — O, oreillette droite contenant une deuxième ampoule reliée par le tube *to* au tambour *lo*.

A. Révolution cardiaque. — Pour se rendre compte de la manière dont se succèdent les contractions et les dilatations du cœur et de l'ordre dans lequel elles apparaissent dans ses quatre cavités, on a recours à un appareil enregistreur, le *cardiographe*. Il se compose d'une ampoule en caoutchouc, reliée par un tube à un petit tambour métallique, mais dont une paroi est également en caoutchouc et porte un levier mobile autour d'un axe ; toute compression de la poire se traduit dans le tambour par un refoulement d'air, qui soulève la membrane élastique, et inversement, la décompression entraîne une dépression de la même membrane ; ces mouvements peuvent être inscrits par une des extrémités du levier sur un cylindre tournant autour de son axe d'un mouvement uniforme et recouvert d'un papier enduit de noir de fumée. Chauvau et Marey ont utilisé comme sujet d'expérience le cheval, en introduisant par la veine jugulaire deux ampoules dans le cœur droit, l'une dans l'oreillette, l'autre dans le ventricule, et en procé-

dant de même par la carotide pour le cœur gauche. Pour recueillir le tracé de la pulsation cardiaque chez l'homme, on remplace l'ampoule exploratrice par un deuxième tambour, qui est formé également par une membrane élastique tendue sur un cadre rigide et portant un bouton, qu'on applique sur la paroi thoracique au niveau, où bat la pointe du cœur.

La lecture des tracés simultanés, fournis par l'exploration des cavités cardiaques, mène aux constatations suivantes :

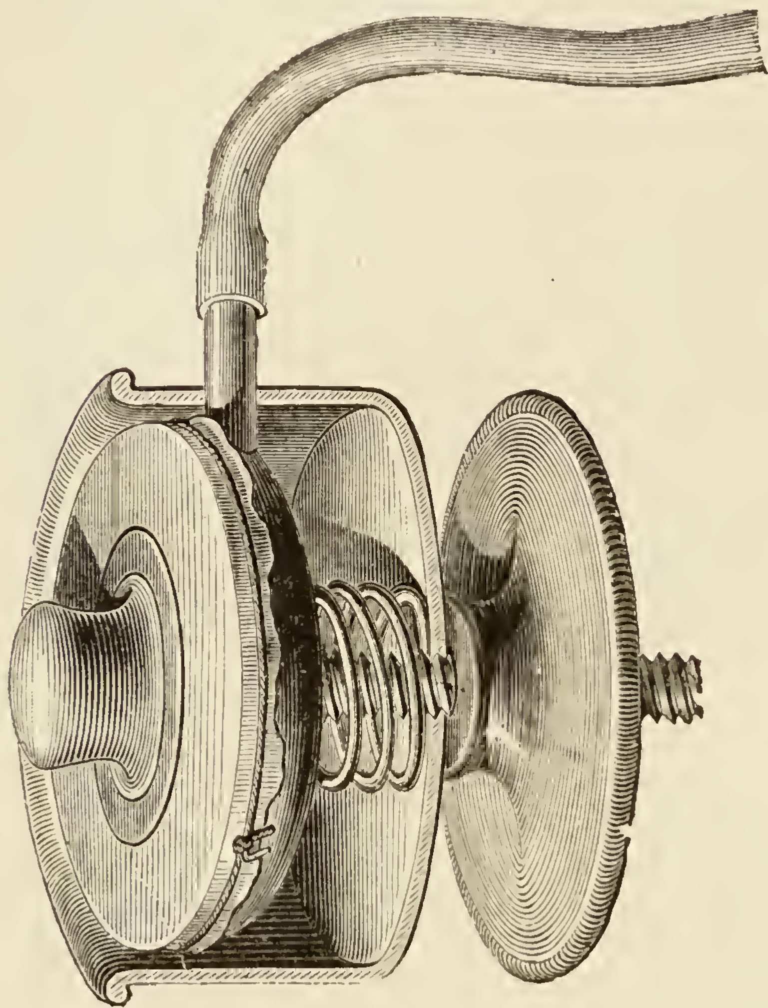


Fig. 180. — Cardiographe enregistreur des battements cardiaques chez l'homme (Hédon, *Précis de physiologie*).

1° La systole des deux oreillettes est simultanée ainsi que leur diastole ; de même les ventricules se contractent et se relâchent ensemble.

2° Si l'on représente par 5 la durée totale de la révolution cardiaque, la systole auriculaire occupe 1/5 et la diastole 4/5 de cette durée ; la première est figurée sur le tracé par une courbe de peu d'amplitude.

3° Dans les mêmes conditions, le temps de la systole ventriculaire est représenté par 2/5 et la durée de la diastole par 3/5 ; la courbe de la systole se traduit par une ascension brusque, un plateau horizontal élevé et une descente assez rapide.

4° Pour l'oreillette et le ventricule d'un même côté, cœur gauche par exemple, une révolution comprend trois temps, qui se succèdent dans l'ordre suivant :

Premier temps. — Systole auriculaire : elle commence la révolution et occupe 1/5.

Deuxième temps. — Systole ventriculaire : elle coïncide avec le début de la diastole auriculaire et remplit les 2/5 suivants ;

Troisième temps. — Repos du cœur : il est caractérisé par la

diastole simultanée de l'oreillette et du ventricule et s'étend aux 2/5 de la fin.

La systole du ventricule est plus longue que celle de l'oreillette, parce que l'effort à vaincre dans l'aorte et l'artère pulmonaire remplis de sang est plus grand ; en raison encore de cette résistance plus considérable dans la première, la paroi du ventricule gauche est

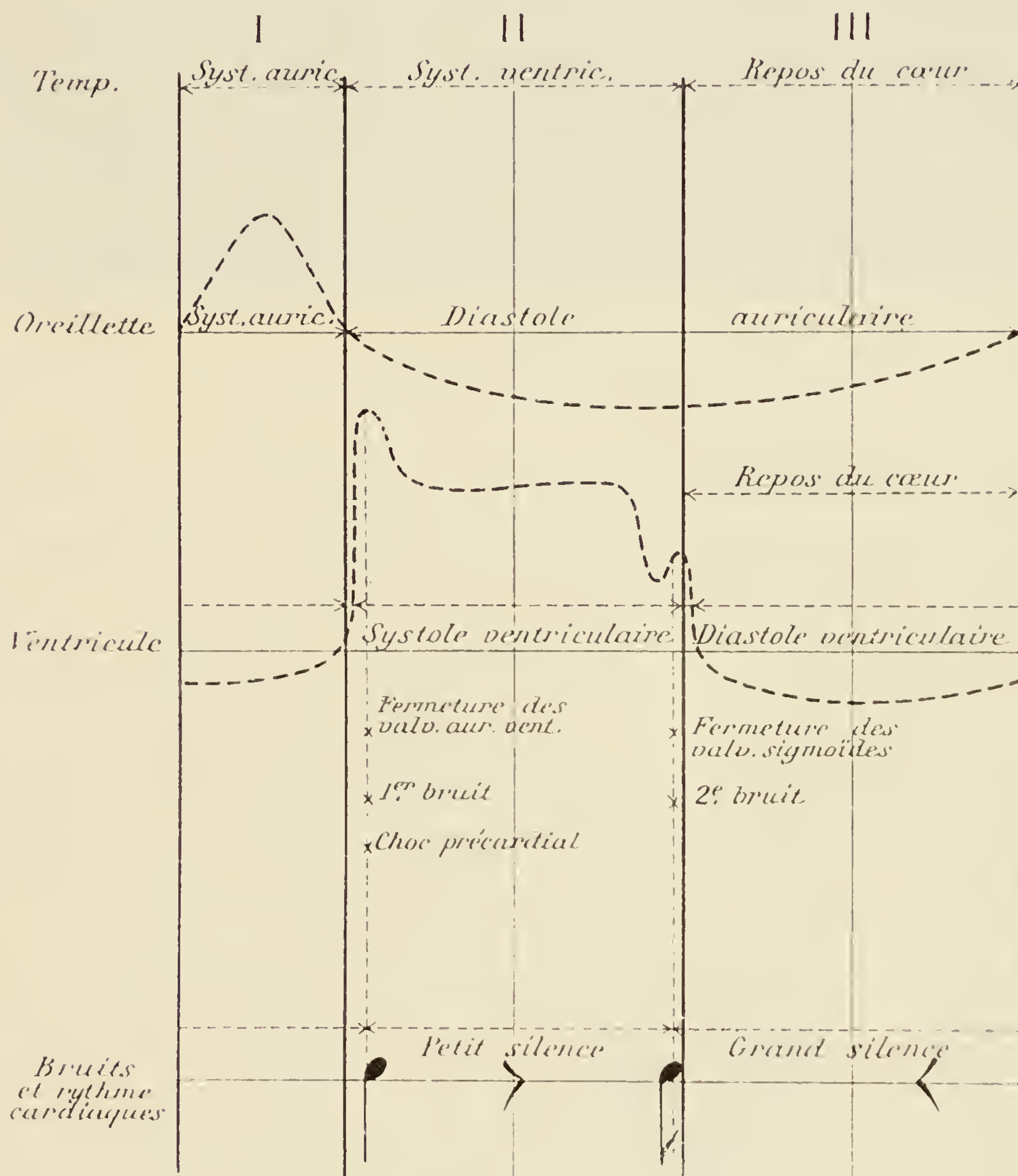


Fig. 181. — Représentation schématique de la révolution, des bruits et du rythme du cœur.

plus développée que celle du ventricule droit. Lorsque des obstacles, placés sur la circulation périphérique ou pulmonaire, augmentent encore cette résistance, la paroi ventriculaire gauche ou droite, tenue de fournir plus de travail, s'hypertrophie.

Nous verrons à propos du pouls les causes, qui font varier la fréquence des battements cardiaques ; elles n'agissent pas directement sur le cœur et leur influence ne peut se faire sentir que par

l'intermédiaire du système nerveux, qui est, ainsi que son étude nous le montrera, le régulateur du muscle cardiaque.

B. Orientation du courant sanguin. — Comment agissent sur le sang, contenu dans le cœur, les alternatives de relâchement et de

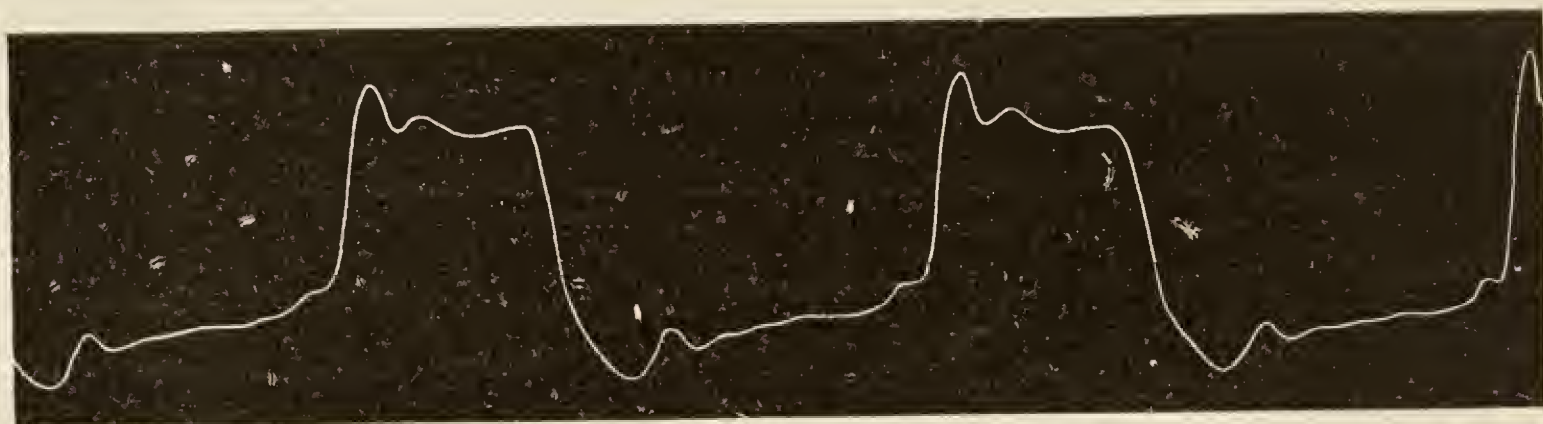


Fig. 182. — Tracé de la pulsation du cœur chez l'homme (Viault et Jolyet, *Physiologie humaine*).

contraction ? Considérons d'abord le cœur gauche. Pendant sa diastole, l'oreillette se laisse dilater et remplir passivement par le sang des veines pulmonaires; sa contraction refoule ensuite le liquide dans le ventricule en diastole, c'est-à-dire partiellement vide et en relâchement complet ; aussitôt après sa systole, l'oreillette redevient passive et reçoit de nouveau le sang des veines. La systole auriculaire terminée, le ventricule distendu se contracte à son tour ; simultanément les bords libres de la valvule mitrale s'affrontent sous l'action de la pression sanguine, développée par la systole, et ils produisent l'occlusion hermétique de l'orifice auriculo-ventriculaire, tandis que la contraction des muscles papillaires empêche le renversement des valves dans l'oreillette. Dès lors le sang n'a plus d'autre voie d'échappement que l'aorte :



Fig. 183. — Schéma indiquant le jeu des valvules et l'orientation du courant sanguin dans le cœur (Hédon, *Précis de physiologie*).

A, cœur en diastole : la valvule auriculo-ventriculaire est ouverte, les valvules sigmoïdes fermées. B, cœur en systole : la valvule auriculo-ventricuiaire est fermée, les valvules sigmoïdes ouvertes.

lorsque la pression est suffisante, il soulève les valvules sigmoïdes, constamment fermées sous le poids de la colonne sanguine, qui agit sur leur face supérieure, il refoule cette dernière devant lui et pénètre à son tour dans l'aorte. A la fin de la systole ventriculaire, les valvules sigmoïdes s'accolent à nouveau et empêchent le reflux du sang de l'aorte dans le ventricule ; par contre, la valvule mitrale se détend et la diastole ventriculaire commence avec l'arrivée dans le ventricule du sang de l'oreillette, qui pendant tout ce temps a continué à se remplir.

Dans le cœur droit des phénomènes identiques se passent simultanément et de la même manière et chaque cavité cardiaque agit, en résumé, avec son système de soupapes, comme une pompe aspirante et foulante ; la quantité de sang lancé ainsi par chaque systole est de 180 grammes, et on évalue le travail fourni par le cœur en vingt-quatre heures à celui, qui serait nécessaire pour élever 8.000 kilogrammes à 1 mètre de hauteur.

C. Choc précordial. — Il se traduit par un soulèvement de la paroi thoracique au niveau de la pointe, c'est-à-dire un peu en dedans du mamelon ; on le voit et on le sent surtout à la main. Il coïncide avec la systole ventriculaire et tient au durcissement brusque du muscle cardiaque au moment de sa contraction.

D. Bruits cardiaques et rytume du coeur. — Ils sont au nombre de deux ; le *premier bruit*, sourd et prolongé (boum), coïncide avec la systole du ventricule et le choc du cœur, c'est-à-dire avec le début du 2e temps de la révolution cardiaque et se traduit dans le tracé de la contraction ventriculaire par un crochet de la ligne d'ascension ; le *deuxième bruit*, séparé du premier par un *petit silence*, est plus bref et plus éclatant (bac), survient au commencement de la diastole, c'est-à-dire du 3e temps, se manifeste par un autre crochet, placé sur la ligne de descente, et est suivi par un *grand silence*. Le premier s'entend surtout à la pointe, le deuxième est plus net à la base.

La succession constante et invariable de ces bruits et des deux silences constitue le *rythme du cœur*, qui se décompose ainsi :

Premier bruit, petit silence, deuxième bruit, grand silence.

Il correspond à une mesure à trois temps et est susceptible d'une annotation musicale.

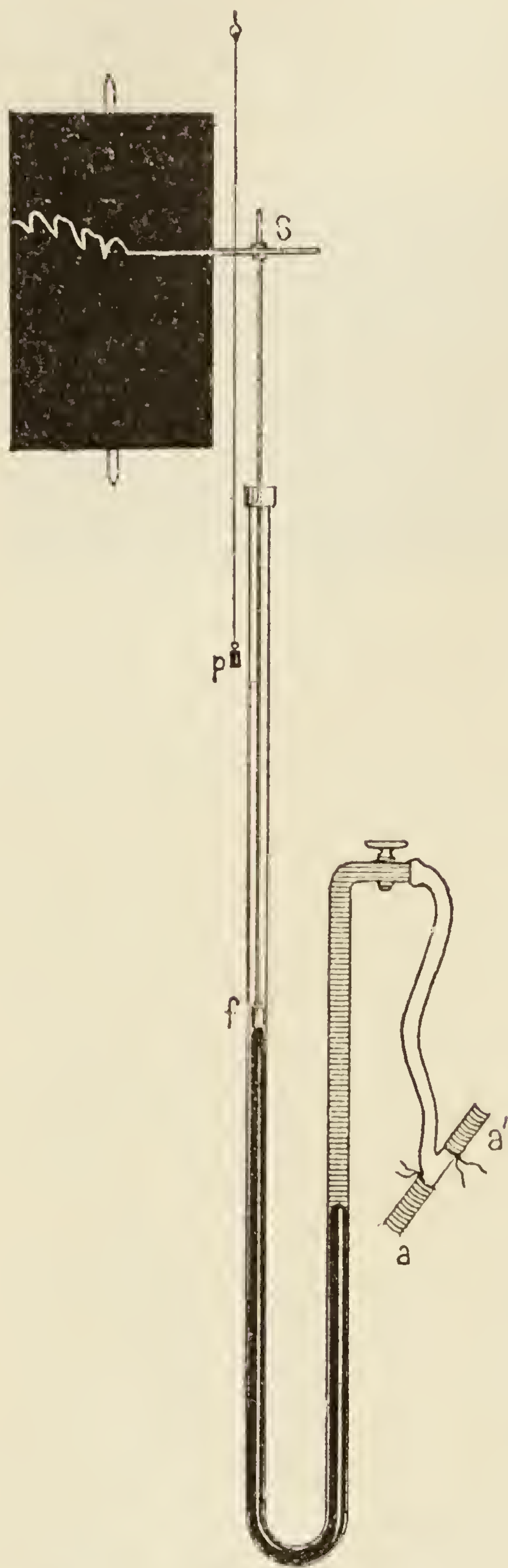


Fig. 184. — Manomètre pour évoluer la pression du sang (Viault et Jolyet, *Physiologie humaine*).

a a', artère communiquant avec l'instrument. — *f*, flotteur relié à un stylet inscripteur, *s*.

Le premier bruit est dû au claquement de fermeture des valvules auriculo-ventriculaires, le second au même claquement des valvules sigmoïdes.

§ 2. — Pression du sang

On la mesure au moyen d'un manomètre, dont la courte branche est mise en communication avec une artère ; le sang presse sur le mercure dans cette branche et le fait monter dans l'autre ; la différence des deux niveaux indique la tension sanguine.

La pression du sang diminue du ventricule gauche aux capillaires et de ceux-ci à l'oreillette droite : de 18 centimètres de mercure dans l'aorte, elle tombe à 9 centimètres dans les capillaires et oscille entre 7 millimètres et 0 dans les grosses veines et l'oreillette droite. Elle est plus faible dans le système pulmonaire que dans la grande circulation.

Le maximum de pression se constate dans le ventricule en systole et le minimum dans l'oreillette en diastole ; dans cette dernière elle peut même devenir négative et il se produit alors une véritable aspiration du sang veineux. Dans les grosses artères, la colonne mercurielle est sujette à des variations : elle monte avec la systole et descend avec la diastole ; ces oscillations ne se font plus sentir dans les artérioles.

La pression dépend de deux facteurs antagonistes, l'impulsion du cœur, poussant le sang avec plus ou moins de force, l'action modératrice des petites artères, qui peuvent se resserrer ou se dilater et retenir le sang ou le laisser passer dans les veines. Ces deux actions se contre-balancent sans cesse, de sorte que la pression est à peu près constante ; si les petits vaisseaux se rétrécissent, les battements cardiaques ralentissent, pour éviter l'accumulation du sang dans les grosses artères ; si les artérioles se relâchent, elles laissent passer une plus grande quantité de sang et les battements du cœur s'accélèrent, pour éviter un abaissement de pression dans le système artériel et une élévation dans le système veineux.

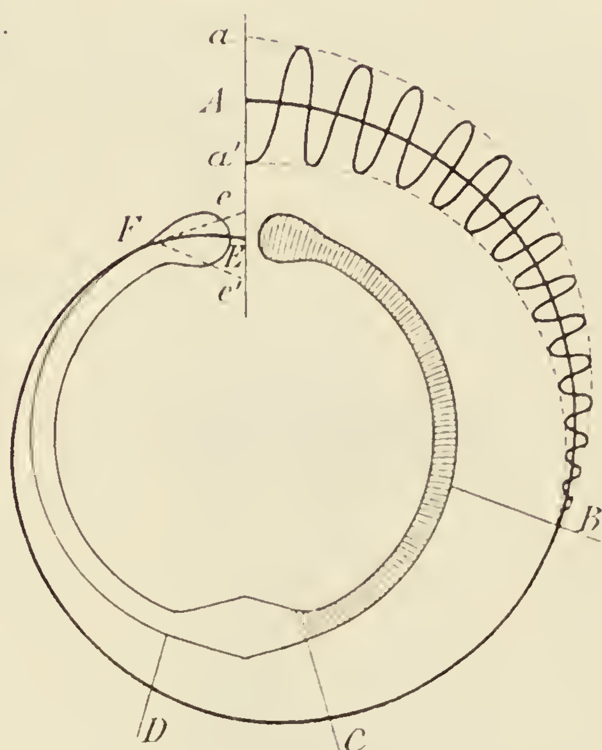


Fig. 185. — Courbe des pressions dans la circulation périphérique.

A B, variations de la pression (*a a'*) dans les grosses artères sous l'influence de la systole et de la diastole cardiaque. B C, pression constante dans les petites artères. — C D, pression dans les capillaires. — D E, pression décroissante dans les veines et ses variations positives, F *e*, ou négatives, F *e'*, avec la systole et la diastole de l'oreillette droite.

Les variations de la pression dans les différentes parties de l'appareil circulatoire expliquent les caractères distinctifs des hémorragies artérielles et veineuses : la plaie d'une grosse artère donne un jet saccadé, dont les oscillations correspondent aux variations systoliques et diastoliques de la pression ; d'une petite artère le sang sort en jet continu, de la veine il coule d'une façon continue aussi, mais en bavant et sans force.

Le rôle de la pression sanguine dans l'orientation de la circulation se conçoit aisément : le sang chemine du point de la plus forte au point de la plus faible pression, c'est-à-dire du ventricule aux capillaires, de ceux-ci aux troncs veineux et à l'oreillette.

§ 3. — Circulation artérielle

Elle a pour facteurs, d'une part l'impulsion du cœur et la pression sanguine décroissante, que nous connaissons, d'autre part l'*élasticité* et la *contractilité artérielles*.

A. Élasticité artérielle. — Très prononcée au sommet du cône artériel, elle va en s'atténuant vers la périphérie; elle a pour but de transformer progressivement l'intermittence de l'ondée sanguine, lancée par chaque contraction cardiaque, en un écoulement continu du côté des capillaires.

L'arrivée de l'ondée intermittente dans l'artère d'un membre dilate celle-ci et augmente le volume du membre : le manomètre d'un vase clos et rempli d'eau, dans laquelle on immerge la main, présente des oscillations synchrones avec les battements du cœur.

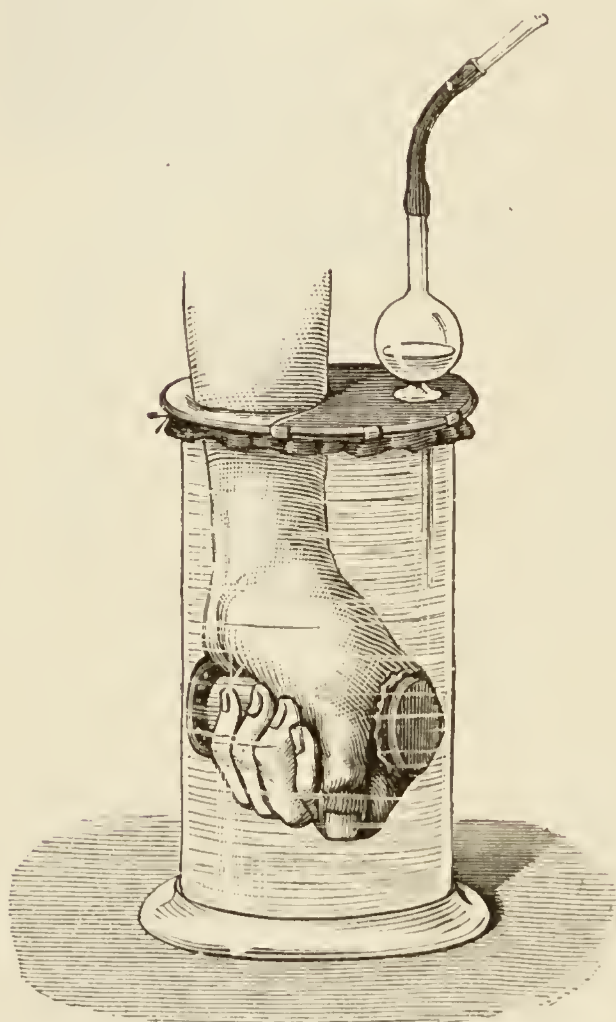


Fig. 186. — Appareil montrant les variations de volume d'un membre parallèlement aux ondées sanguines dans les artères (Hédon, *Précis de physiologie*).

A chaque poussée, la paroi élastique de l'artère est distendue sur une certaine longueur; puis cette portion de paroi réagit par son élasticité et chasse le sang dans la portion artérielle suivante, qui se dilate à son tour, revient sur elle, fait progresser le sang dans une troisième portion et ainsi de suite ; il y a, en somme, une *diastole* et une *systole de l'artère* comme du cœur, mais la diastole de la première coïncide avec la systole du second et inversement. La succession des expansions et des rétractions se traduit à la surface d'une artère par une ondulation, qui diminue du centre à la périphérie, puis disparaît sur les artérioles : le mouvement saccadé du sang s'est transformé en courant continu.

Cette élasticité permet également au vaisseau d'emmagasiner et de restituer à l'ondée sanguine une partie de la force déployée par la systole cardiaque et qui serait perdue dans un tuyau rigide ; enfin elle diminue le travail du cœur : lorsque cette élasticité disparaît, dans l'athérome par exemple, où les tuniques artérielles s'incrustent de sels calcaires, le cœur est obligé de fournir un

effort plus considérable. L'expérience suivante de Marey permet de saisir à la fois l'influence de l'élasticité artérielle sur l'écoulement du sang et l'économie de travail réalisée par le cœur : un flacon porte à son extrémité inférieure un tube en Y, muni d'un robinet et dont les deux branches se continuent par deux conduits de même calibre, l'un en verre, l'autre en caoutchouc ; leur débit est le même quand on laisse le robinet ouvert, mais si l'on ouvre et ferme alternativement ce dernier, l'écoulement par le tube rigide devient intermittent, tandis qu'il reste continu dans le tube élastique ; en outre le débit est moindre pour le premier que pour le second.

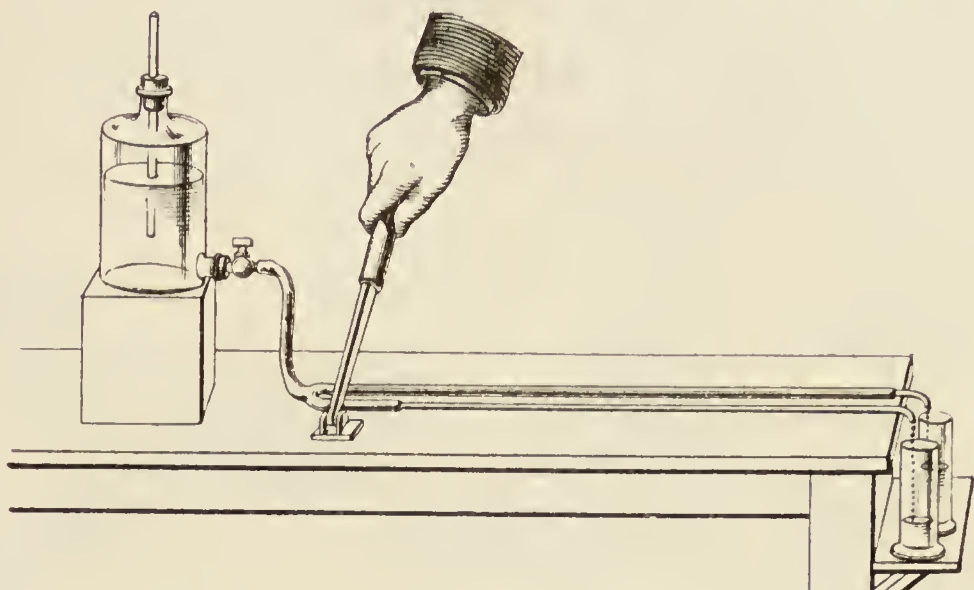


Fig. 187. — Écoulement comparé dans un tube de verre et un tube de caoutchouc (Hédon, *Précis de physiologie*).

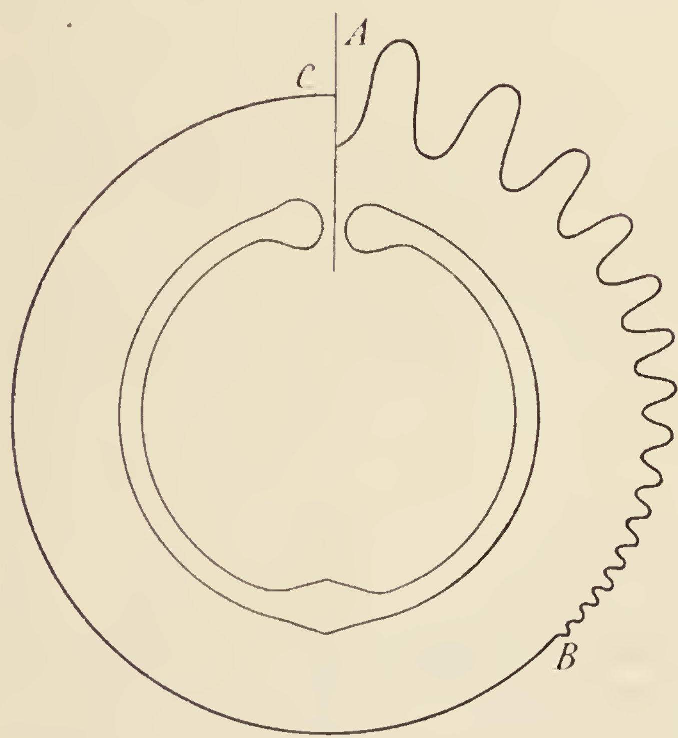


Fig. 188. — Schéma de la transformation en courant continu des ondées sanguines intermittentes.

De A en B progression saccadée du sang avec renforcements systoliques. — De B en C, mouvement uniforme du courant.

L'expansion artérielle sous l'influence de l'ondée sanguine, lancée par le cœur, se traduit par un phénomène visible et tangible sur un vaisseau superficiel : c'est le *pouls*. Lorsqu'on regarde l'artère de la tempe ou qu'on palpe celle du poignet, on voit un soulèvement et on perçoit un choc transmis au doigt par le vaisseau, qui brusquement se durcit, puis se relâche. Ces battements artériels peuvent être enregistrés au moyen du *sphygmographe*, composé en principe d'un ressort qu'on applique sur le vaisseau ; il transmet les expansions de celui-ci à l'extrémité d'un levier, mobile

autour d'un axe et dont l'autre extrémité transcrit les oscillations subies sur un papier enduit de noir de fumée.

Le pouls étant la manifestation de la systole ventriculaire, sa fréquence varie naturellement avec celle des battements du cœur : on compte en moyenne 65 à 75 pulsations chez l'adulte, mais le

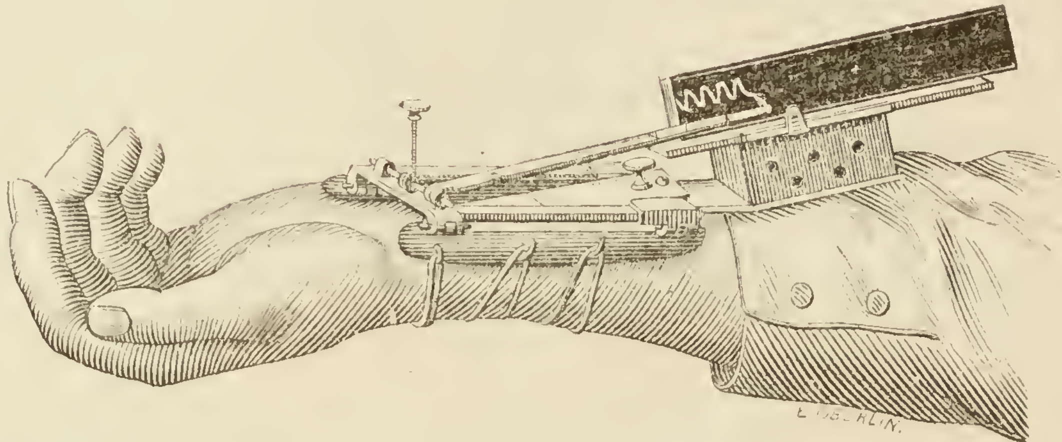


Fig. 189. — Sphygmographe (Hédon, *Précis de physiologie*).

pouls est plus rapide chez l'enfant (100 à 120), plus lent chez le vieillard (50 à 60); il augmente avec l'exercice, la fièvre, l'émotion, diminue avec le repos et le sommeil.

B. Contractilité artérielle. — A l'inverse de l'élasticité, elle n'existe que dans les petites artères et devient d'autant plus marquée, qu'on se rapproche davantage des capillaires.

La contraction d'une artère accélère la vitesse du courant dans son intérieur, mais elle diminue la quantité de sang, qui passe, et

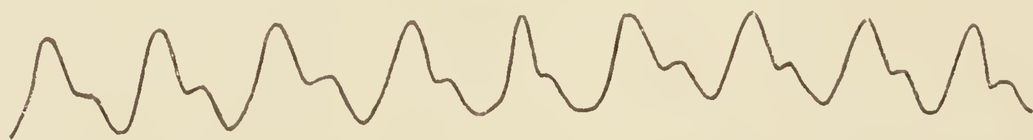


Fig. 190. — Tracé du pouls (Hédon, *Précis de physiologie*).

augmente par suite la pression en amont; le relâchement produit la dilatation vasculaire avec les phénomènes inverses. Sur ce principe est basée la révulsion : on provoque la dilatation des vaisseaux d'une région et on y appelle le sang, pour le dériver d'une autre région; ainsi agit le vésicatoire appliqué sur la poitrine, en cas de congestion de la plèvre.

La contractilité a surtout pour but de diminuer ou d'augmenter, suivant les besoins, la quantité de sang dans les capillaires d'une

région ou d'un organe; elle provoque la pâleur et la rougeur émotives, par le resserrement ou la dilatation des artères de la face, ainsi que le relâchement des vaisseaux de la paroi intestinale et la congestion indispensable à la digestion. Elle intervient aussi, comme nous le verrons en étudiant la chaleur animale, dans l'équilibration de la température du corps.

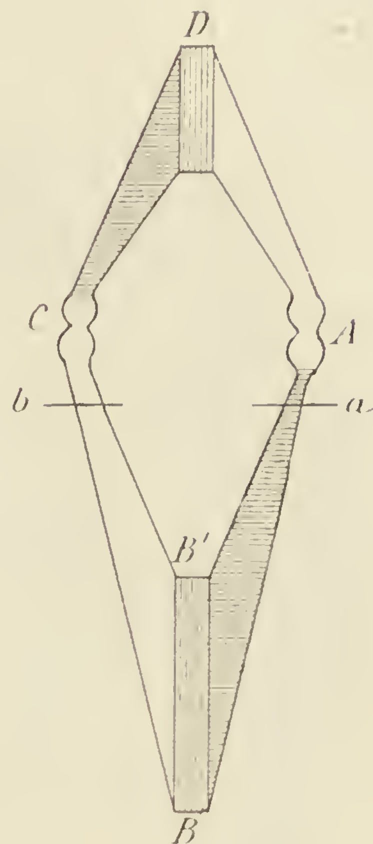


Fig. 191. — Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition du cylindre capillaire.

A B C, grande circulation formée par le cône artériel, A B B', le cylindre capillaire, B B', et le cône veineux, C B B'; la section *b* est le double de la section *a*. — A D C, petite circulation offrant une disposition analogue.

Certaines substances ont la propriété de provoquer la contraction des parois artérielles, par exemple la glace, l'eau très chaude; elles sont employées pour arrêter les hémorragies et s'appellent des *hémostatiques;* d'autres, comme la cantharide du vésicatoire ou la moutarde du sinapisme, dilatent les vaisseaux. Mais c'est surtout le système nerveux qui règle la contractilité artérielle.

§ 4. — Circulation capillaire

En raison de l'étendue du réseau capillaire, la vitesse du courant sanguin y est minime : l'aire du petit cylindre, par lequel on peut représenter les capillaires périphériques et qui unirait la base du cône artériel à celle du cône veineux, est, en effet, à l'aire de l'aorte comme 400 est à 1 et à celle des veines-caves comme 800 à 1. Dans l'aorte la vitesse est de 50 centimètres par seconde, dans les capillaires de 1 millimètre seulement.



Fig 192. – Circulation capillaire (Hédon. *Précis de physiologie*).

a w, paroi du vaisseau. — *r*, *r*, globules rouges. — *c*, *c*, globules blancs traversant la paroi capillaire. — *f*, *f*, globules blancs, qui ont traversé la paroi.

Cette faible vitesse facilite la transsudation, à travers la paroi, du

sérum sanguin, avec lequel les cellules de l'organisme vont procéder à des échanges nutritifs, et le passage des globules blancs, chargés, eux aussi, de matériaux de combustion. Leur besogne accomplie, le sérum et les globules blancs réintègrent l'appareil circulatoire en majeure partie; la partie qui ne fera pas retour aux capillaires constituera la lymphe. Quant aux globules rouges, ils ne quittent pas l'appareil circulatoire, mais s'étirent et se déforment pour franchir les capillaires les plus étroits.

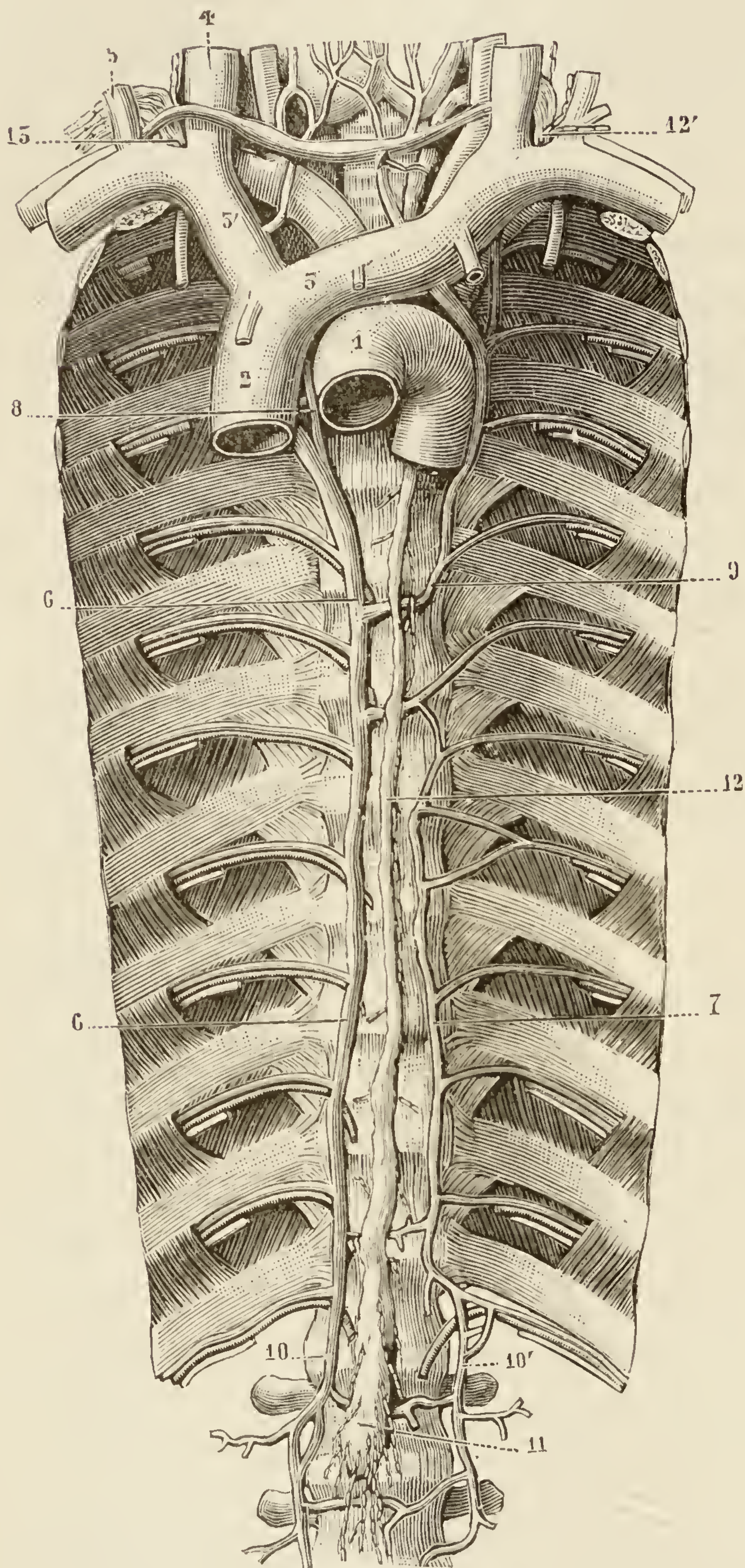


Fig. 193. — Canal thoracique et grande veine lymphatique (Testut. *Anatomie humaine*).

1, crosse de l'aorte. — 2, veine cave supérieure avec 3, 4, 5, ses branches d'origine. — 11, 12, canal thoracique avec 12', son abouchement dans la sous-clavière gauche. — 13, grande veine lymphatique se jetant dans la sous-clavière droite.

§ 5. — Circulation veineuse

Elle se fait, comme la circulation artérielle, sous l'influence des deux facteurs généraux, l'impulsion cardiaque, grâce à laquelle les ondées sanguines se poussent l'une l'autre, et la pression, qui peut déterminer au niveau de l'oreillette une véritable aspiration sur le sang veineux ; y contribuent, en outre, l'*élasticité* et la *contractilité veineuses*, le *jeu des valvules* et les *nombreuses anastomoses des veines*, enfin certains *facteurs extrinsèques*, savoir le *battement des artères*, la *contraction musculaire*, l'*aspiration thoracique*.

A. Élasticité et contractilité des veines. — La première est bien moins prononcée que dans les artères ; pour cette raison les veines sont très dilatables et peuvent jouer le rôle de réservoirs sanguins ; c'est ainsi que la station debout prolongée fait gonfler les veines des membres inférieurs et produit des varices, en forçant à la longue leur contractilité. La seconde est indéniable, mais se fait sans régularité. On peut considérer l'action de la pesanteur comme un excitant permanent de l'élasticité et de la contractilité veineuses : lorsque la première vient à manquer, celles-ci finissent par disparaître. C'est par l'inertie de la paroi des veines que s'explique le gonflement des pieds chez les personnes, qui commencent à se lever après une longue maladie.

B. Rôle des valvules et des anastomoses veineuses. — Si la pesanteur favorise la circulation veineuse de la tête et des membres supérieurs, quand on élève ceux-ci, elle constitue par contre un sérieux obstacle au retour du sang des membres inférieurs ; cet effet défavorable est neutralisé par les valvules, qui, en s'appliquant l'une contre l'autre, divisent la colonne sanguine en tronçons superposés, qu'elles soutiennent. Grâce à leur disposition, elles ne permettent, en outre, que le cours du sang veineux dans le sens centripète et se relèvent pour s'opposer à tout mouvement de reflux.

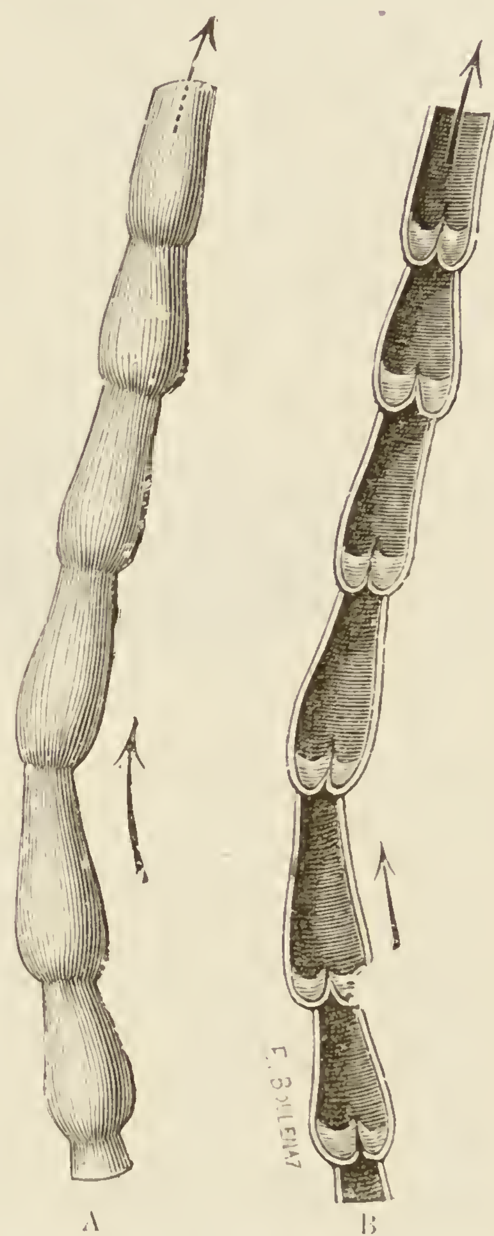


Fig. 194. — Vaisseau lymphatique (Testut, *Anatomie humaine*).

A, aspect extérieur. — B, coupe montrant les valvules.

Les anastomoses sont nombreuses afin de permettre le passage du sang d'un segment veineux dans un autre, en cas de compression brusque et totale d'une veine ; ainsi, quand une veine profonde vient à être oblitérée, la veine superficielle correspondante reçoit le sang de la profondeur.

C. Battements artériels et contractions musculaires. — Ils exercent sur les parois veineuses des compressions intermittentes et contribuent ainsi à la progression du sang dans les veines.

D. Aspiration thoracique. — Au moment de l'inspiration, il se produit dans le thorax une pression négative, qui appelle l'air dans les poumons et aussi le sang dans les gros troncs veineux et dans le cœur; il y a même sur les veines du cou une aspiration telle, que leur blessure, au lieu de donner un écoulement de sang, laisse pénétrer l'air dans leur intérieur et amène par ce

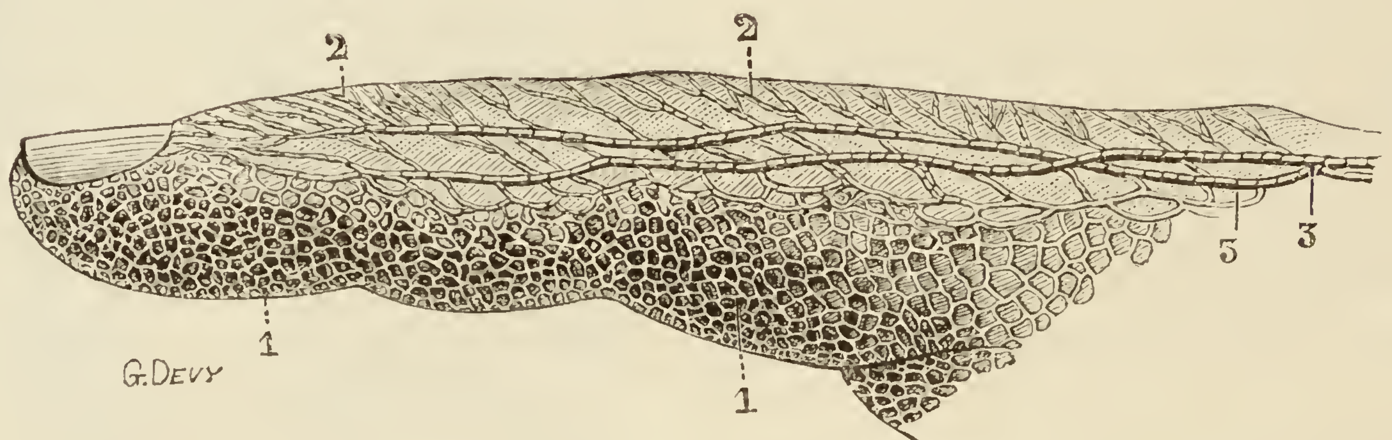


Fig. 195. — Lymphatiques d'un doigt (Testut, *Anatomie humaine*).
1, 1, réseau de capillaires lymphatiques. — 2, 2, vaisseaux lymphatiques. — 3, 3, troncs lymphatiques.

mécanisme une mort foudroyante. L'inspiration cherche en même temps à retenir le sang dans les grosses artères, mais comme la paroi de celles-ci est épaisse et résistante, cette action est peu marquée. L'expiration produit le phénomène inverse : elle ralentit le courant dans les grosses veines, qui se gonflent au cou, et favorise la circulation artérielle ; une expiration forcée, en se bouchant les narines ou en fermant la glotte, comme dans l'effort, peut même, si elle se prolonge, entraîner l'arrêt du cœur, parce que les vaisseaux thoraciques, comprimés par l'air emprisonné dans les poumons, se vident complètement : les veines n'amenant plus de sang au cœur, celui-ci cesse de battre. Sur la petite circulation, l'inspiration et l'expiration ont une influence en tous points analogues : la première aspire le sang noir des artères pulmonaires dans les poumons, la seconde en expulse le sang rouge dans les veines pulmonaires.

CHAPITRE IV

CIRCULATION LYMPHATIQUE

§ 1. — Appareil lymphatique

Il est formé par un ensemble de *vaisseaux*, qui ont pour origine des *capillaires lymphatiques*, répartis dans tous les points de l'organisme; ces vaisseaux suivent les veines et forment comme elles un système superficiel et un système profond. Après s'être abouchés les uns avec les autres des extrémités vers le centre du corps, ils se terminent par deux troncs principaux, le *canal thoracique* et la *grande veine lymphatique*; le premier, formé par la réunion des lymphatiques de la portion sous-diaphragmatique du corps, est placé à la face antérieure de la colonne vertébrale, reçoit à son extrémité supérieure les lymphatiques du bras gauche et s'ouvre dans la veine sous-clavière gauche; la seconde a pour origine le confluent des lymphatiques de la tête et du membre supérieur droit et se jette dans la veine sous clavière droite.

Comme les veines, les lymphatiques sont pourvus de *valvules*, disposées par paires dans des sortes d'ampoules, qui donnent à ces vaisseaux l'aspect de chapelets. Sur leur trajet ils s'ouvrent, en outre, dans des renflements, les *ganglions lymphatiques*, qu'on trouve de préférence aux plis de flexion articulaires et au cou : leur gonflement constitue l'*adénite*; ils exercent des fonctions d'arrêt à l'égard des microbes, qui envahissent l'organisme par la voie lymphatique. On considère la rate comme une agglomération de ganglions lymphatiques, interposés sur le circuit de la veine-porte.

Dans l'intestin les lymphatiques constituent les vaisseaux chylifères, dont nous aurons à envisager plus tard le rôle important dans l'absorption des aliments digérés.

§ 2. — Lymphe

La lymphe ou *sang blanc* est un liquide clair et transparent, formé d'un plasma analogue à celui du sang et de globules blancs ; elle est, en effet, constituée par la

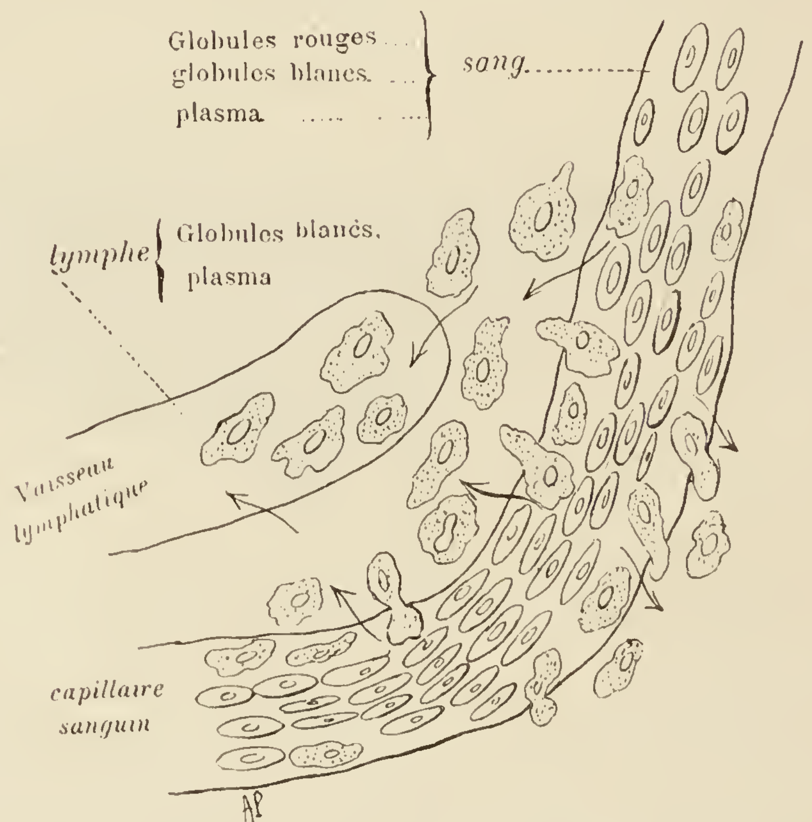


Fig. 197. — Schéma montrant l'origine et la composition de la lymphe (Pizon, *Anatomie animale*).

partie du plasma sanguin et des globules blancs, qui n'a pas fait retour à la circulation veineuse, après avoir quitté le réseau des capillaires sanguins. La circulation lymphatique constitue donc une annexe du système veineux et une voie de retour indirecte, pour certains éléments du sang, de la périphérie au cœur. La progression de la lymphe est assurée par les mêmes facteurs que la circulation veineuse.

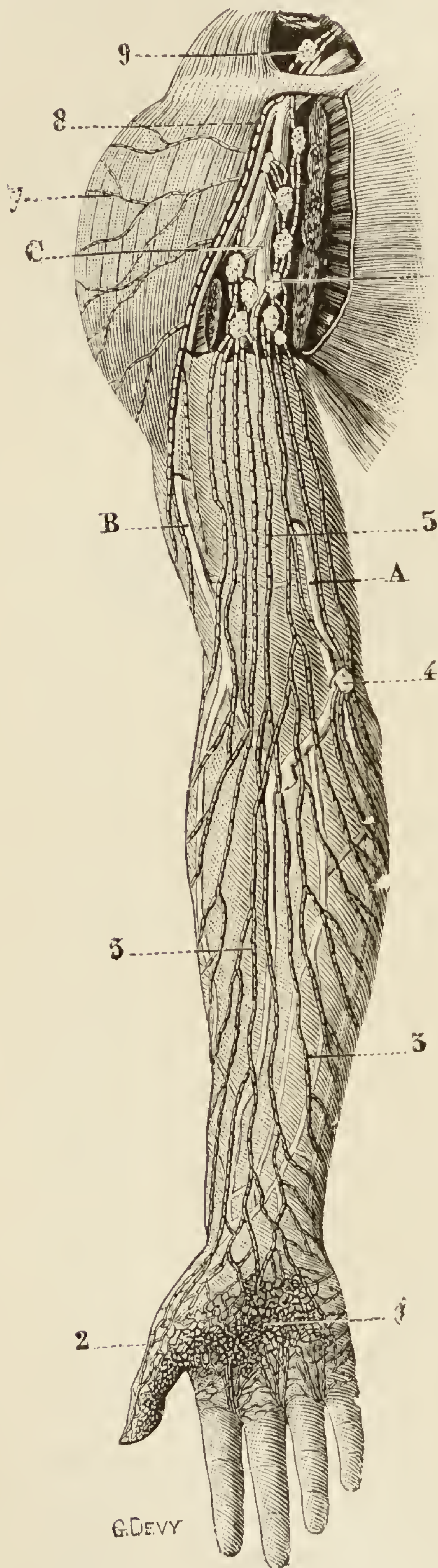


Fig. 196. — Lymphatiques du membre supérieur (Testut, *Anatomie humaine*).

A, B, veines superficielles. — C, veines profondes. — 1, réseau lymphatique. — 2, 3, vaisseaux lymphatiques de la main et de l'avant-bras. — 4, ganglions du coude. — 5, troncs lymphatiques du bras. — 6, 7, 8, 9, ganglions de l'aisselle.

II

RESPIRATION

La respiration est l'acte par lequel se font, au moyen d'un appareil spécial, l'*appareil respiratoire*, et par l'intermédiaire du sang, des échanges gazeux entre l'organisme et l'air extérieur. Le besoin d'air pour vivre est démontré par l'expérience classique de l'oiseau placé sous la cloche pneumatique : il meurt quand on fait le vide.

Nous étudierons successivement l'*anatomie de l'appareil respiratoire*, le *mécanisme de la respiration*, puis les *phénomènes physiques* et *chimiques* auxquels elle donne lieu.

CHAPITRE PREMIER

ANATOMIE DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE

L'appareil respiratoire comprend un ensemble de *conduits*, destinés à amener l'air dans les organes de la respiration proprement dits, les *poumons*.

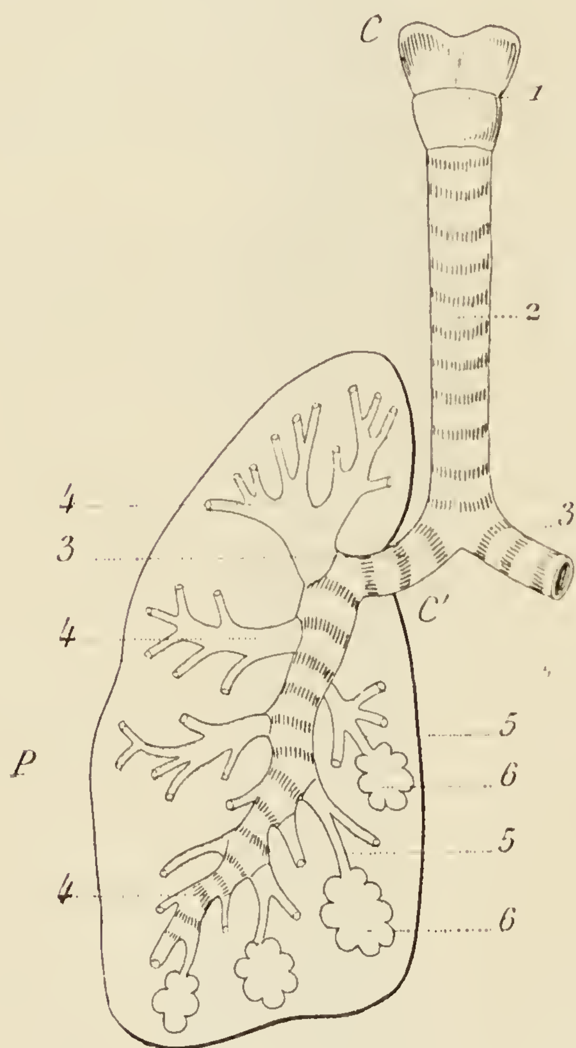


Fig. 198. — Représentation schématique de l'appareil respiratoire (d'après Pizon, *Anatomie animale*).

CC', conduits respiratoires comprenant, 1, larynx, 2, trachée, 3, 3, bronches. — P, poumon, avec 4, ramifications bronchiques, 5, bronches terminales, 6, vésicules pulmonaires.

§ 1. — Conduits respiratoires

Ils sont formés par les *fosses nasales*, le *larynx*, la *trachée* et les *bronches*.

A. Fosses nasales. — Elles représentent un double couloir horizontal, creusé dans la face et communiquant en avant, par les narines, avec l'extérieur et en arrière avec le pharynx. Leur face interne, ainsi que les trois cornets et les méats, qui séparent ceux-ci, sont tapissés d'une membrane épaisse, la *pituitaire*, renfermant des éléments particuliers, les *cellules olfactives*, en relation avec le nerf du même nom et dans lesquelles se localise les sens de l'odorat.

B. Larynx. — Il a la forme d'un tube rigide, situé à la partie supérieure et médiane du cou, où il fait une saillie connue sous le

nom de *pomme d'Adam* ; il communique avec le pharynx par son orifice supérieur, que peut obturer une lame fibreuse triangulaire, l'*épiglotte*, située en arrière de la base de la langue.

Le larynx a un squelette formé par quatre cartilages, le *cricoïde*, le *thyroïde* et les deux *arythénoïdes*, unis par des ligaments et mobiles autour d'articulations rudimentaires ; des muscles leur impriment des mouvements, qui jouent un rôle dans la phonation.

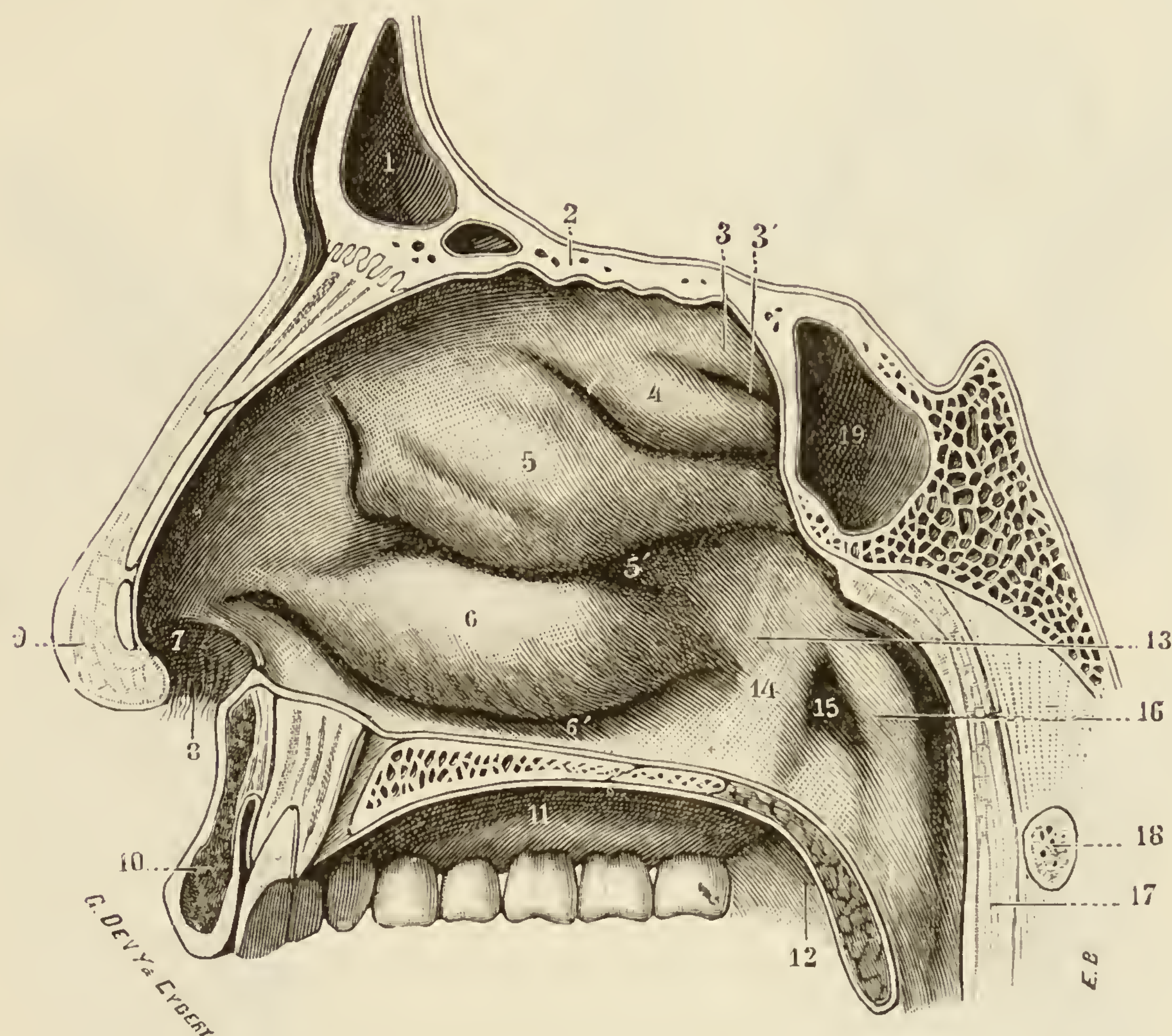


Fig. 199. — Coupe antéro-postérieure d'une fosse nasale et vue de sa paroi externe (Testut, *Anatomie humaine*).

1, os frontal. — 2, ethmoïde. — 4, cornet supérieur. — 4', méat supérieur. — 5, cornet moyen. — 5', méat moyen. — 6, cornet inférieur. — 6', méat inférieur. — 7, 8, narines. — 9, nez. — 10, lèvre supérieure. — 11, voûte palatine. — 12, voile du palais. — 17, paroi postérieure du pharynx. — 18, atlas. — 19, os sphénoïde.

Sa face interne est recouverte par une membrane muqueuse, qui forme de chaque côté deux saillies, les *cordes vocales supérieures* et *inférieures*, séparées par deux cavités, les *ventricules* ; les cordes vocales inférieures décrivent un espace triangulaire à sommet antérieur, *la glotte*. Ces dernières sont mobiles et peuvent s'éloigner ou se rapprocher l'une de l'autre ; l'espace glottique a donc des dimensions variables : il est même susceptible de disparaître complètement, lorsque les cordes vocales se rejoignent et obturent les voies aériennes, comme cela se produit dans l'effort.

C. Trachée. — Elle fait suite au larynx et descend à la partie antérieure du cou, où elle est recouverte par la glande thyroïde ; comme le larynx, elle possède une charpente cartilagineuse, représentée par une vingtaine d'anneaux incomplets, ouverts en arrière, de sorte que la trachée est assimilable à un tube cylindrique dans ses 3/4 antérieurs et aplati dans son quart postérieur,

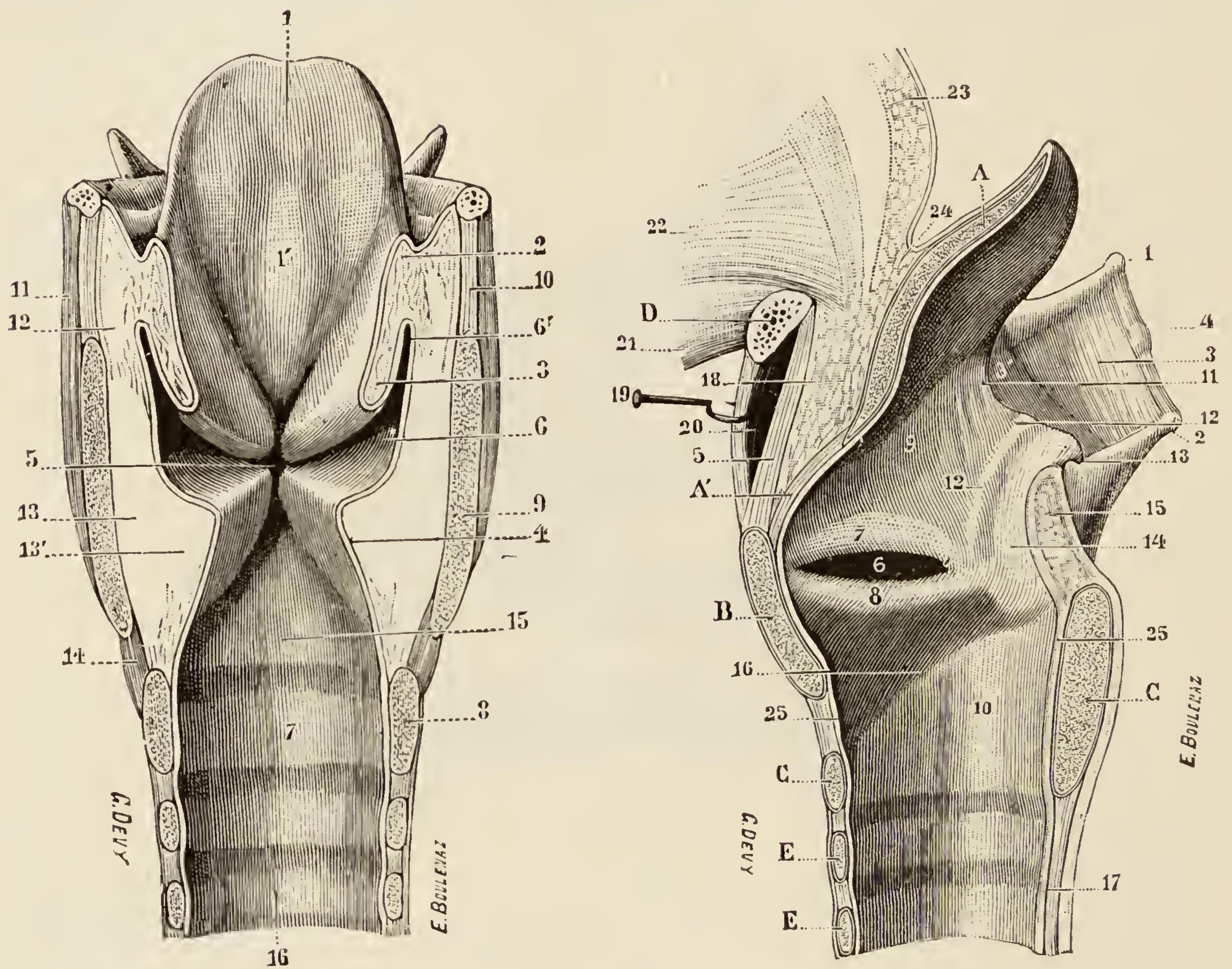


Fig. 200 et 201. — (Testut, *Anatomie humaine*).

Fig. 200. — Coupe verticale et transversale du larynx.

1, 1', épiglotte. — 3, 4. cordes vocales supérieure et inférieure. — 6, 6', ventricule droit. — 7, 8, cartilage cricoïde. — 9, cartilage thyroïde. — 16, trachée.

Fig. 201. — Coupe verticale et antéro-posterieure du larynx.

A, épiglotte. — B, thyroïde. — C, cricoïde. — D, os hyoïde. — E, anneaux cartilagineux de la trachée. — 6, ventricule. — 7, 8, cordes vocales supérieure et inférieure. — 17, partie membraneuse de la trachée. — 23, langue.

et que sa section transversale a la forme d'un C, dont les deux extrémités, tournées en arrière, seraient unies par une paroi membraneuse rectiligne. Cette disposition a pour but de ne pas gêner le passage des aliments dans l'œsophage, placé immédiatement en arrière de la trachée.

D. Bronches. — Au nombre de deux, la *droite* et la *gauche*, elles se rendent aux poumons correspondants et ont la même structure que la trachée.

§ 2. — Poumons

A. Forme et situation. — On en compte également deux, le *droit* et le *gauche*, occupant chacun une moitié de la cavité thoracique. Chaque poumon a la forme d'un cône à sommet arrondi en dôme, à base concave reposant sur le diaphragme ; la face externe convexe se moule sur la paroi du thorax et la face interne regarde la face correspondante du poumon opposé.

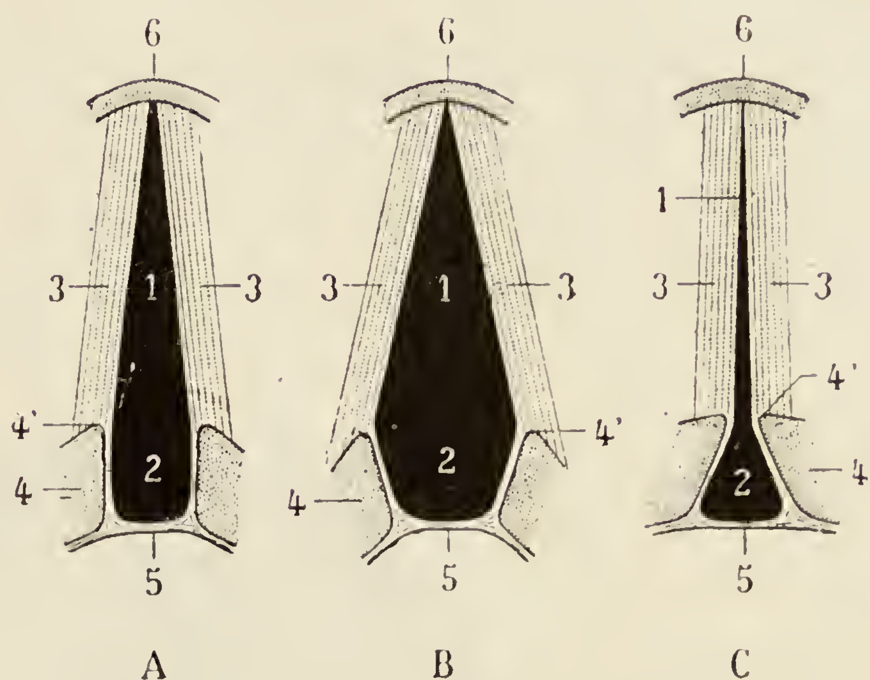


Fig. 202. — Variations de la fente glottique (Testut, *Anatomie humaine*).

1, ouverture triangulaire de la glotte comprise entre 3, 3, les cordes vocales inférieures. — A, cordes vocales au repos. — B, écartement des cordes vocales et dilatation de la glotte. — C, rapprochement des cordes vocales et fermeture de la glotte.

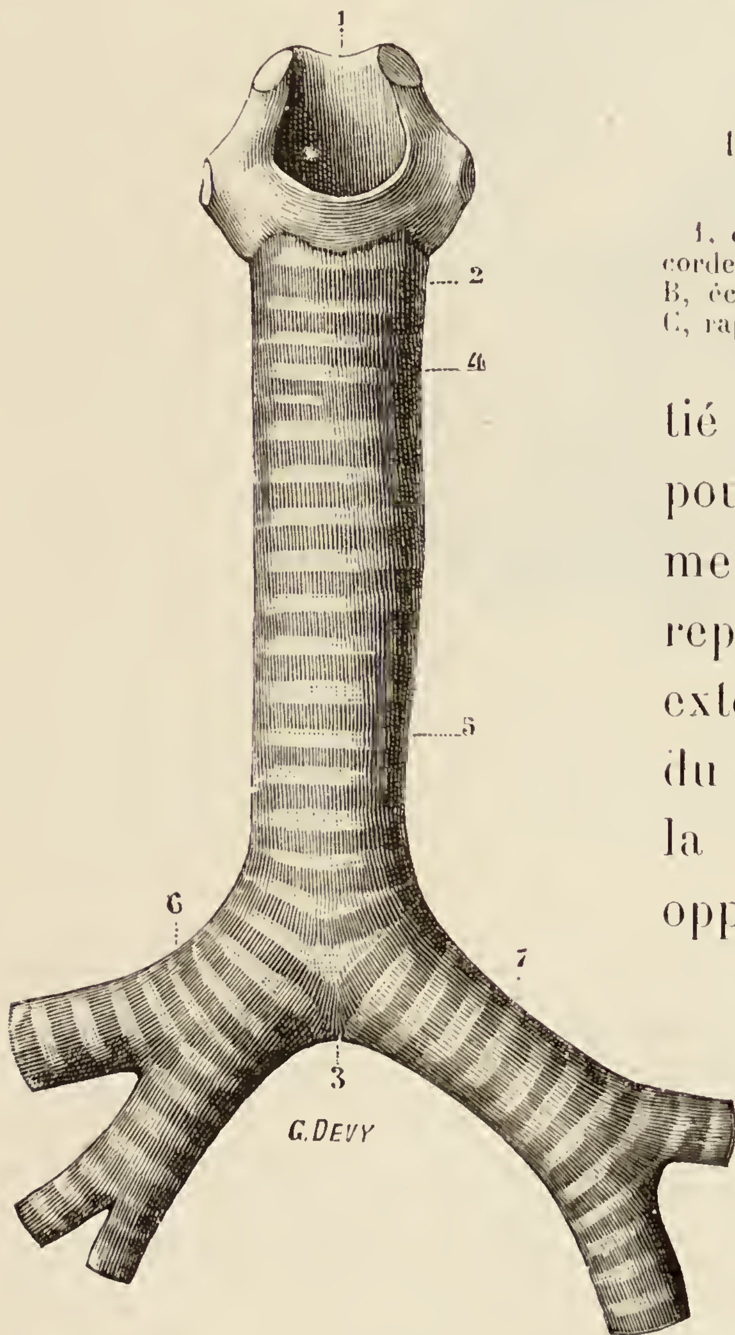


Fig. 203. — Trachée et bronches, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, cartilage cricoïde. — 2, 3, premier et dernier anneau de la trachée. — 6, bronche droite. — 7 bronche gauche.

B. Conformation extérieure. — Un sillon profond, la *scissure interlobaire*, simple pour le poumon gauche et bifurquée pour le poumon droit, divise l'un en deux, l'autre en trois parties ou *lobes*. A la surface de ceux-ci on voit des lignes foncées, circonscrivant de petits polygones, les *lobules pulmonaires*. La face interne présente une

dépression médiane, le *hile*, point de pénétration de la bronche avec l'artère et les veines pulmonaires dans le poumon.

C. Plèvres. — Chaque poumon est enveloppé d'une membrane, la *plèvre;* elle a la forme d'un sac à double paroi et sans ouverture : la paroi externe tapisse la face interne du thorax, la paroi interne adhère à la surface du poumon. Les deux feuillets se continuent

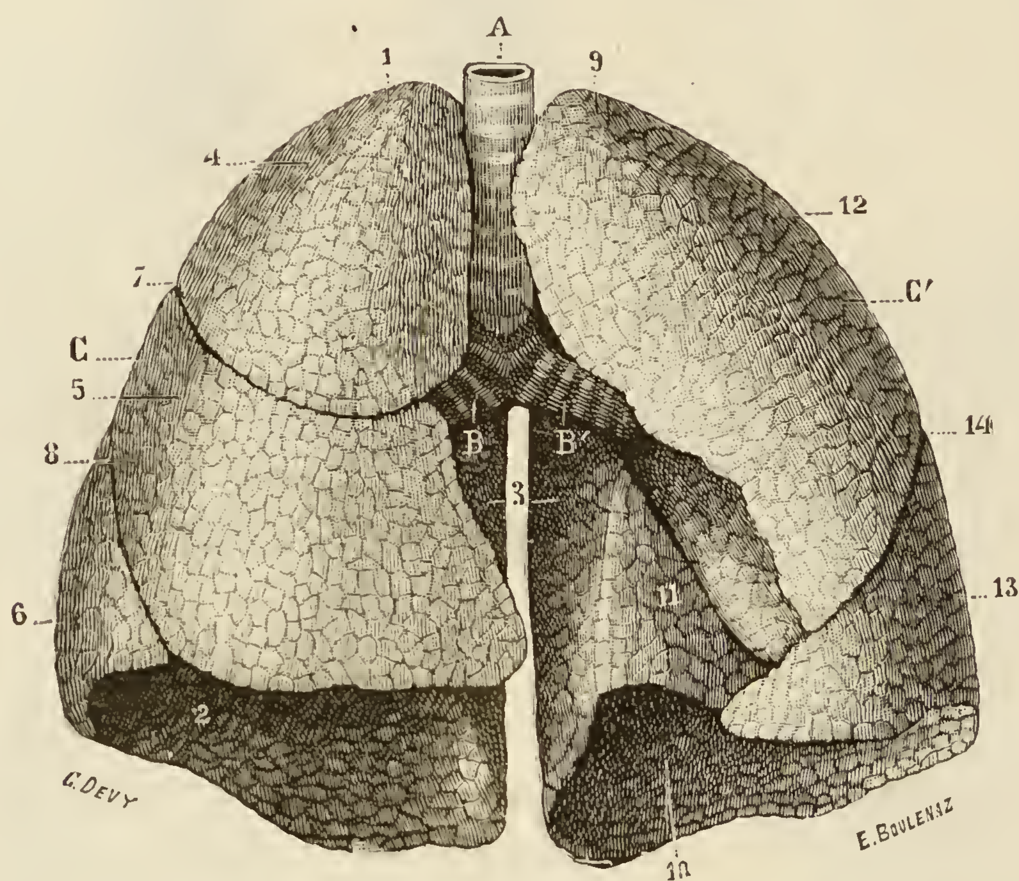


Fig. 204. — Poumons, vue antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

A. — trachée. — B, bronche droite. — B', bronche gauche. — C, poumon droit avec 1, son sommet ; — 2, sa base ; — 3, sa face interne ; — 4, 5, 6, ses lobes ; — 7, 8, sa scissure interlobaire. — C', poumon gauche avec 9, son sommet ; — 10, sa base ; — 11, sa face interne excavée pour loger le cœur ; — 12, 13, ses lobes ; — 14, sa scissure interlobaire.

l'un avec l'autre au niveau du hile et sont séparés, à l'état normal, par un espace virtuel, la *cavité pleurale ;* ils frottent l'un contre l'autre dans les mouvements respiratoires, grâce à un liquide séreux peu abondant d'habitude, mais dont la production anormale et l'accumulation dans la cavité pleurale constituent l'épanchement de la pleurésie.

D. Caractères physiques. — Le poumon droit est un peu plus volumineux que le gauche ; ensemble ils pèsent 1.200 gr. chez l'homme adulte. La couleur change avec l'âge : rosée jusqu'à l'adolescence, elle devient grise chez l'adulte et fonce de plus en plus,

parce que le poumon est infiltré par les poussières apportées avec l'air extérieur.

Le tissu pulmonaire est mou, spongieux et crépite sous la compression des doigts ; l'incision donne lieu à un écoulement de mousse rouge, tenant à l'échappement simultané d'air et de sang.

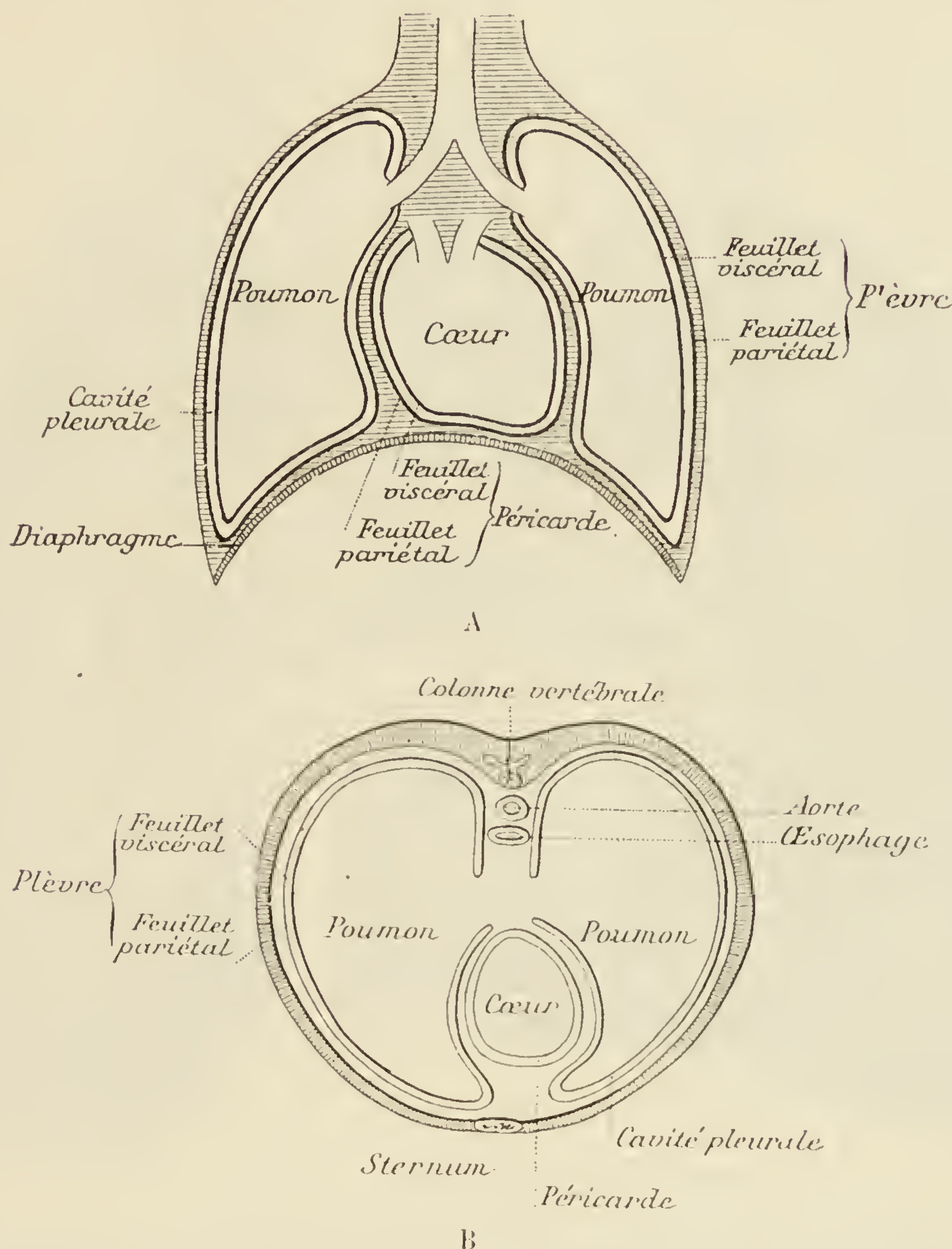


Fig. 205. — Schéma représentant la disposition des plèvres.
A, coupe verticale et transversale du thorax. — B, coupe horizontale du thorax.

E. Structure. — Lorsqu'on incise un poumon, on voit sur la coupe des *ramifications bronchiques*, des *lobules pulmonaires* et des *vaisseaux*, qui constituent le tissu pulmonaire.

a. *Ramifications bronchiques*. — Chaque bronche subit, après son entrée dans le poumon, une série de bifurcations, dont les dernières s'appellent les *bronches terminales*. Leur structure est d'abord analogue à celle des grosses bronches, mais au fur et à

mesure que leur calibre diminue, les anneaux cartilagineux deviennent plus rudimentaires, puis disparaissent complètement.

b. *Lobules pulmonaires.* — Ils sont représentés par de petites pyramides membraneuses de 1 centimètre de base avec la bronche terminale comme sommet ; les parois du sac lobulaire ne

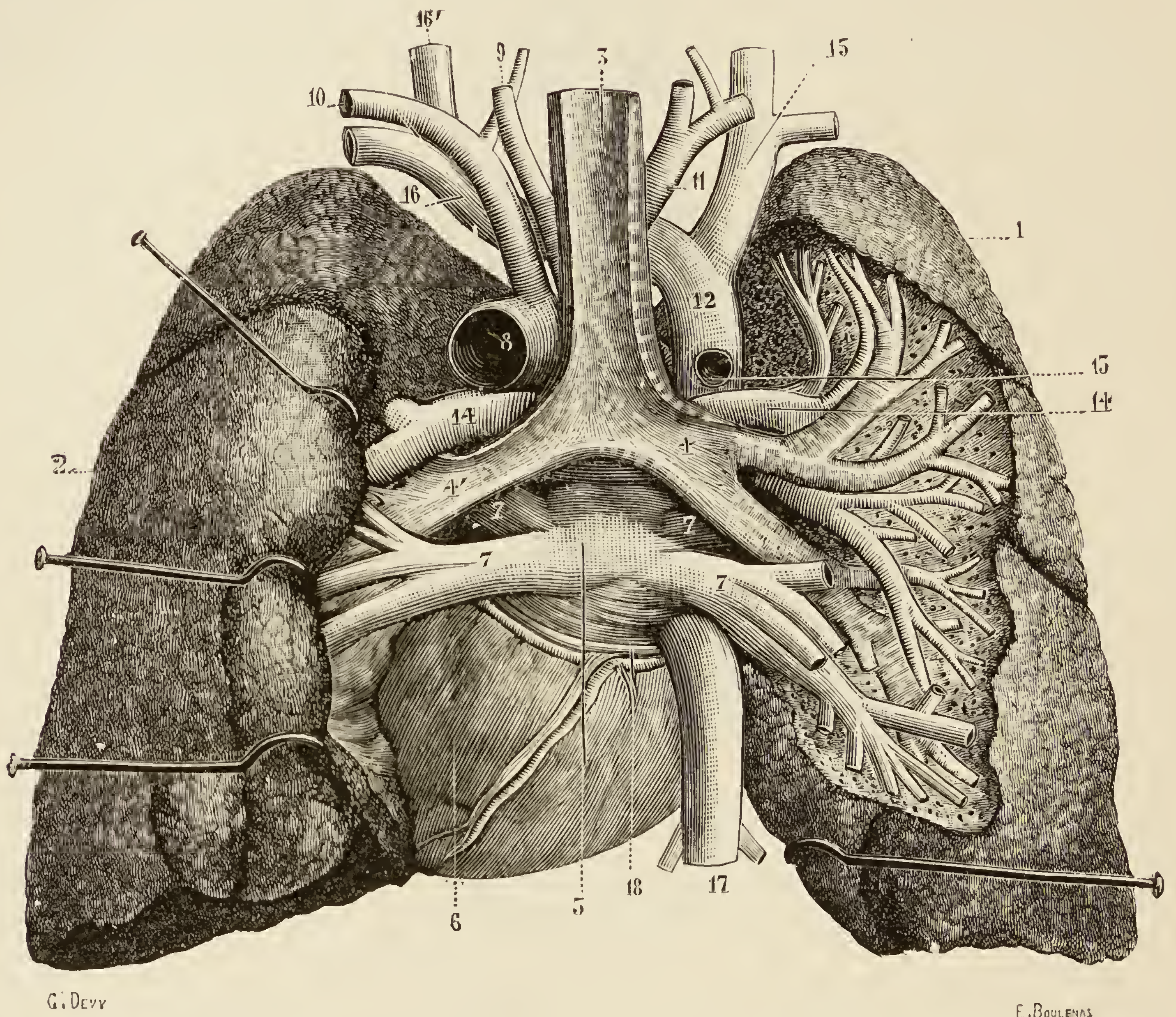


Fig. 206. — Poumons et cœur, vue postérieure, avec une coupe du poumon droit montrant les ramifications des bronches et des vaisseaux pulmonaires (Testut, *Anatomie humaine*).

1, poumon droit. — 2, poumon gauche. — 3, trachée. — 4, 4', bronches droite et gauche. — 5, 6, oreillette et ventricule gauches. — 7, les quatre veines pulmonaires. — 8, crosse de l'aorte avec 9, 10, 11, ses branches. — 12, veine cave supérieure. — 14, artères pulmonaires. — 17, veine cave inférieure.

sont pas lisses, mais forment une série d'ampoules, les *alvéoles pulmonaires*, elles-mêmes constituées par une succession de bosselures, les *vésicules pulmonaires* ; cette disposition a pour but de multiplier la surface de contact entre l'air d'un côté, le sang de l'autre. Une mince membrane constitue la paroi du lobule ; elle renferme un riche réseau capillaire.

Les lobules sont réunis par des fibres élastiques, donnant au tissu pulmonaire une propriété importante, l'élasticité.

c. *Vaisseaux.* — Les branches de l'*artère pulmonaire* accompagnent dans chaque poumon les ramifications bronchiques et viennent

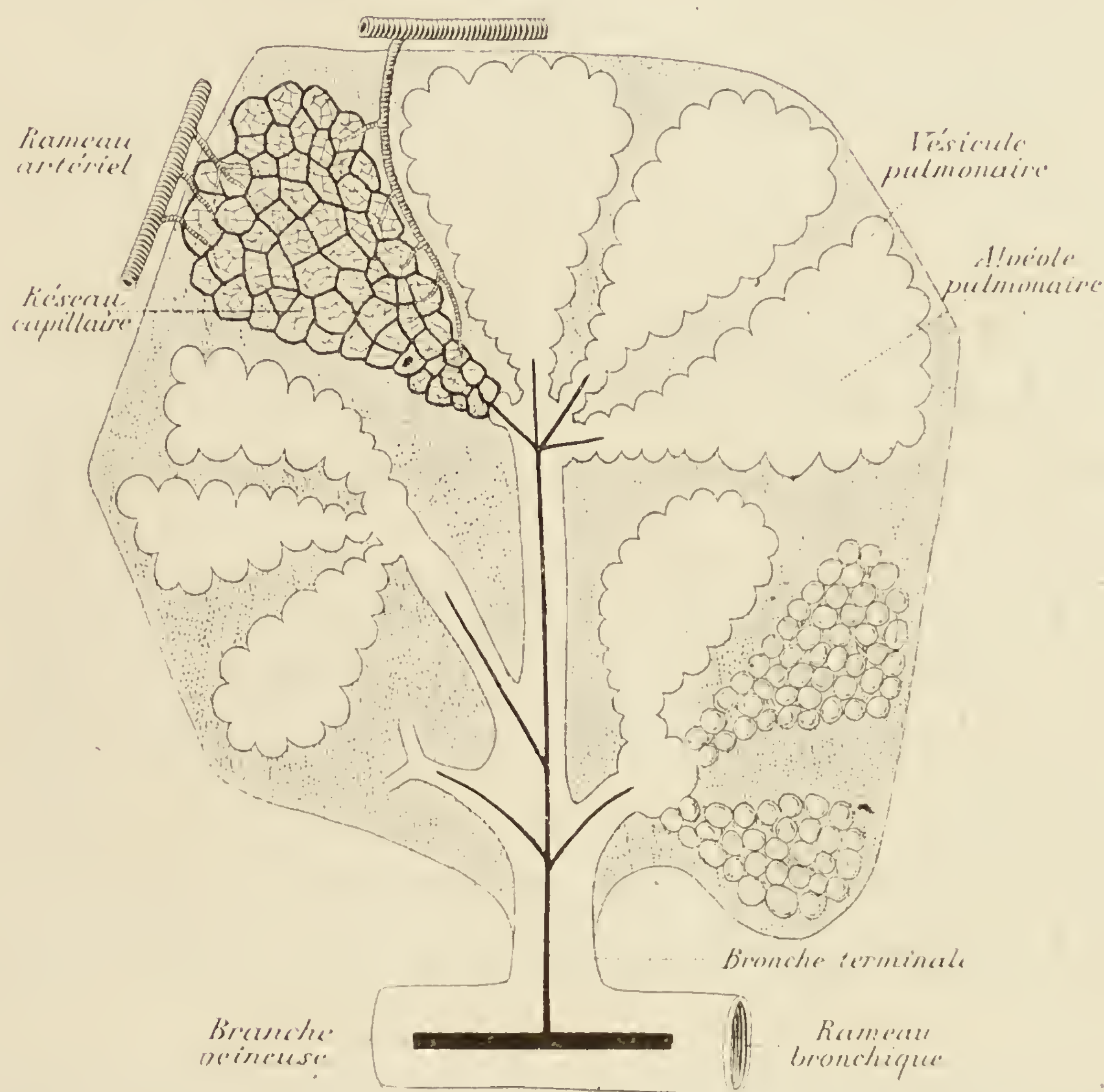


Fig. 207. — Schéma du lobule pulmonaire (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

nent se terminer au réseau capillaire des lobules ; de ce dernier, naissent des petites veines, qui se déversent l'une dans l'autre, suivent en sens inverse le trajet des bronches intra-pulmonaires et forment au hile deux *veines pulmonaires* pour chaque poumon.

CHAPITRE II

MÉCANISME DE LA RESPIRATION

Le mécanisme respiratoire a pour but la *ventilation pulmonaire*, c'est-à-dire le renouvellement incessant de l'air dans les vésicules des poumons, et s'effectue par un mouvement alternatif de dilatation et de retrait de la poitrine ; ces deux temps s'appellent l'*inspiration* et l'*expiration* et leur ensemble constitue le *mouvement respiratoire*. Comparable à celui d'un soufflet, ce mouvement appelle à l'inspiration l'air extérieur dans les poumons et le rejette par l'expiration.

Comment s'effectue le mouvement repiratoire ? En quoi consiste-t-il ? Telles sont les deux questions que nous aurons à résoudre.

§ 1. — Facteurs de la mécanique respiratoire

Le mouvement respiratoire résulte des modifications de volume imprimées à la *cage thoracique* par certains *muscles* et de l'*élasticité des poumons*, qui permet à ceux-ci de suivre l'expansion et le retrait du thorax.

A. Cage thoracique. — Le thorax est une cage élastique à parois mobiles, susceptible de s'agrandir et de se rétrécir ; comme cette cavité est hermétiquement fermée, elle se trouve dans les conditions d'un récipient, dans lequel on aurait fait le vide : la pression atmosphérique agissant par les bronches sur la face interne du poumon et non sur la face externe, celle-ci s'accole intimement à la paroi thoracique et en suit tous les mouvements

d'expansion et de rétraction. Ce dispositif peut être réalisé expérimentalement : un flacon, représentant la cage thoracique, contient une vessie, figurant les poumons et communiquant avec l'extérieur au moyen d'un tube vertical fixé dans le bouchon ; on met le flacon en communication avec une machine pneumatique, et on constate, au fur et à mesure que le vide s'accentue, une distension de la vessie, qui finit par s'accoler à la paroi interne du flacon.

Nous savons déjà comment la cage thoracique s'agrandit suivant

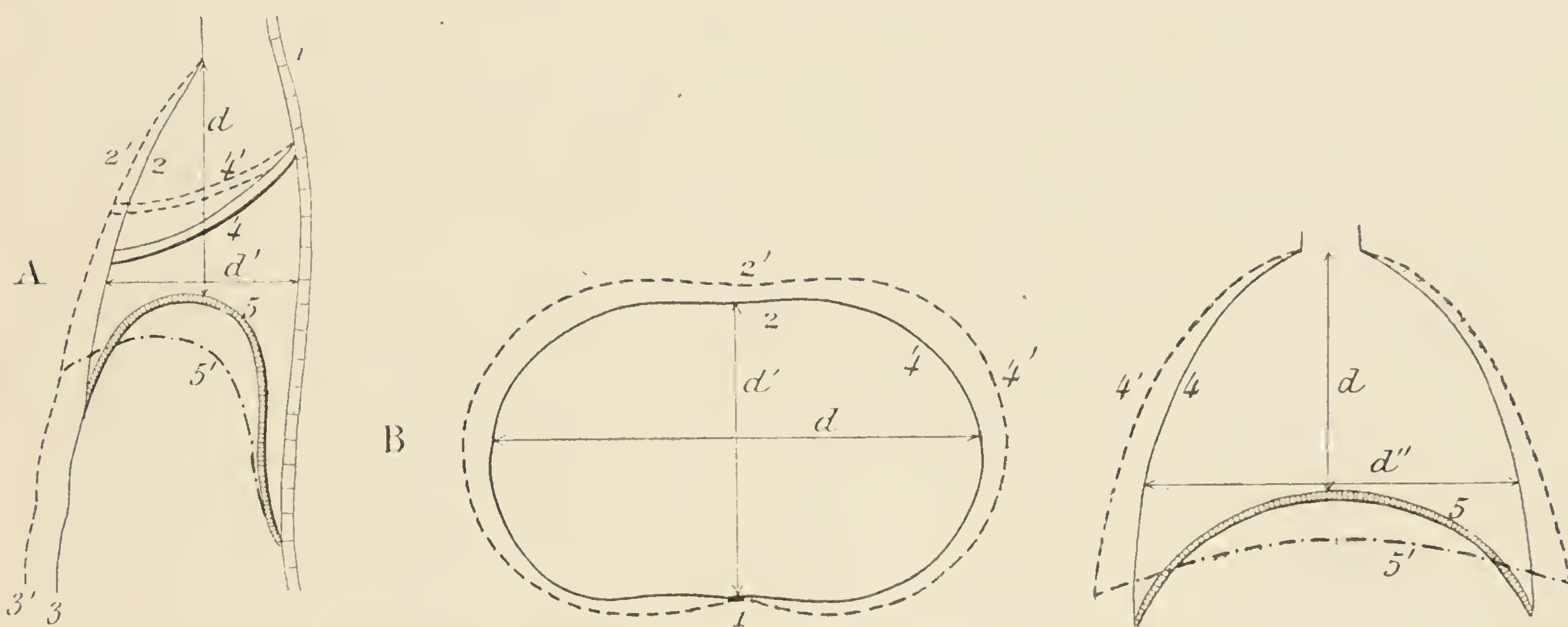


Fig. 208. — Schéma montrant l'agrandissement des trois diamètres du thorax pendant l'inspiration.

A, coupe verticale et antéro-postérieure du thorax. — B, coupe horizontale et antéro-postérieure. — C, coupe verticale et transversale. — 1, colonne vertébrale. — 2, 2', sternum en expiration et en inspiration. — 3, 3', paroi abdominale en expiration et en inspiration. — 4, 4', côtes en expiration et en inspiration. — 5, 5', diaphragme en expiration et en inspiration. — *d*, *d'*, *d''*, diamètres vertical, antéro-postérieur et transverse du thorax.

ses trois diamètres, l'antéro-postérieur, le transversal et le vertical. En général l'ampliation va en augmentant du sommet à la base du thorax, mais sa localisation apparente sur la région inférieure ou supérieure de la poitrine a donné lieu à la création de deux *types respiratoires :*

Le *type diaphragmatique* ou *abdominal*, habituel chez l'homme ;

Le *type costal* ou *thoracique*, qu'on trouve chez la femme à cause du corset.

B. Muscles. — Les mouvements de la cage thoracique se font sous l'influence de muscles, appelés *inspirateurs*, quand ils aug-

mentent sa capacité, et *expirateurs*, quand ils la diminuent ; des premiers, les uns interviennent dans l'inspiration normale, les autres seulement dans l'inspiration profonde ; les expirateurs n'entrent en jeu qu'à l'occasion d'une expiration forcée. Ces muscles, déjà connus, sont récapitulés dans le tableau suivant :

a. *Inspirateurs* { *ordinaires :* diaphragme ; *supplémentaires :* intercostaux externes, sterno-mastoïdien, scalènes, grand et petit pectoral, grand dentelé, grand dorsal.

b. *Expirateurs* { *ordinaires :* néant ; *supplémentaires :* intercostaux internes, muscles abdominaux, muscles des gouttières vertébrales, carré des lombes.

Il est facile de mettre en évidence l'action prépondérante du diaphragme et le mécanisme par lequel ses alternatives de contraction et de relâchement déterminent l'entrée de l'air dans les poumons et sa sortie. Une cloche, représentant la cage thoracique, est fermée à sa partie inférieure par une lame de caoutchouc, qui figure le diaphragme ; un tube de verre, qui constitue la trachée, communique par son extrémité supérieure avec l'air extérieur et porte à son extrémité inférieure, plongeant dans la cloche, deux ballons de caoutchouc en guise de poumons ; enfin un manomètre, placé latéralement, indique la pression de l'air dans la cloche. En tirant le diaphragme en bas, on produit à l'intérieur de la cloche une augmentation de volume et par suite un diminution de pression, indiquée par l'ascension du mercure dans la branche interne du manomètre ; une certaine quantité d'air extérieur pénètre alors dans les ballons, qui se dilatent jusqu'à ce que la pression soit égale

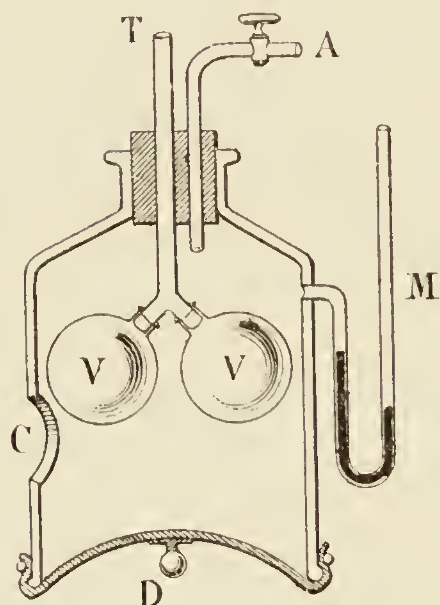


Fig. 209. — Appareil destiné à montrer l'influence du vide et des mouvements du diaphragme sur le volume des poumons (Hédon. *Précis de physiologie*).

A, tube pouvant faire communiquer la cloche avec une pompe pneumatique. — C, espace intercostal. — D, membrane élastique représentant le diaphragme. — M, manomètre. — V, V, les deux poumons communiquant avec l'extérieur par la trachée T.

sur leurs deux faces. Les phénomènes inverses ont lieu, lorsqu'on relâche la membrane élastique : la pression augmente dans la cloche et, son action s'ajoutant à l'élasticité des ballons, une certaine quantité d'air est expulsée de ceux-ci au dehors.

C. Élasticité pulmonaire. — Elle est très prononcée ; un poumon se laisse facilement distendre par l'insufflation et se rétracte ensuite énergiquement, en expulsant l'air, pour reprendre son volume primitif. Sur le vivant, les poumons n'atteignent jamais leurs limites extrêmes d'élasticité : dans une inspiration profonde, le thorax se dilate au maximum, mais non le tissu pulmonaire ; après une expiration forcée, lorsque la cage thoracique a atteint sa limite de retrait, le poumon n'est pas encore arrivé à la sienne et il se rétracterait encore, si la pression atmosphérique intra-pulmonaire ne l'accolait à la paroi thoracique. Aussi quand on ouvre la poitrine d'un animal, ce qui permet à l'air de pénétrer dans la cavité pleurale et de faire équilibre à la pression intra-pulmonaire, l'élasticité entre en jeu et le poumon, quittant la paroi thoracique, revient sur lui-même.

§ 2. — Mouvement respiratoire

On peut obtenir le tracé de la respiration au moyen du *pneumographe*, qui enregistre l'expansion circonférentielle du thorax. Il

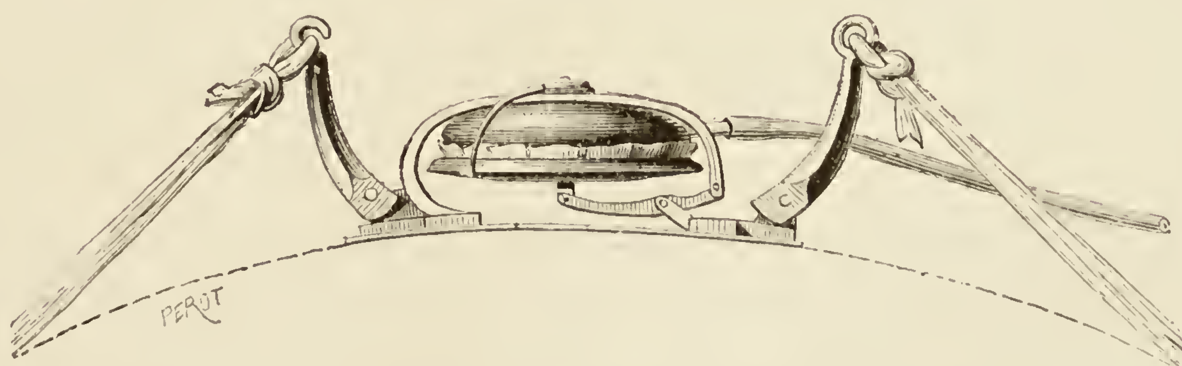


Fig. 210. — Pneumographe (Hédon, *Précis de physiologie*).

consiste en un cylindre métallique, dont les extrémités sont fermées par deux rondelles en caoutchouc, munies chacune d'un crochet, auquel on attache un ruban, qui passe autour du thorax : l'appareil communique avec un tambour enregistreur, qui inscrit

sur un cylindre tournant les variations de volume, que les mouvements respiratoires font subir à l'air du manchon.

Le tracé permet de se rendre compte du mode de succession des deux temps du mouvement respiratoire, l'*inspiration* et l'*expiration*, dont les alternatives régulières constituent le *rythme respiratoire*.

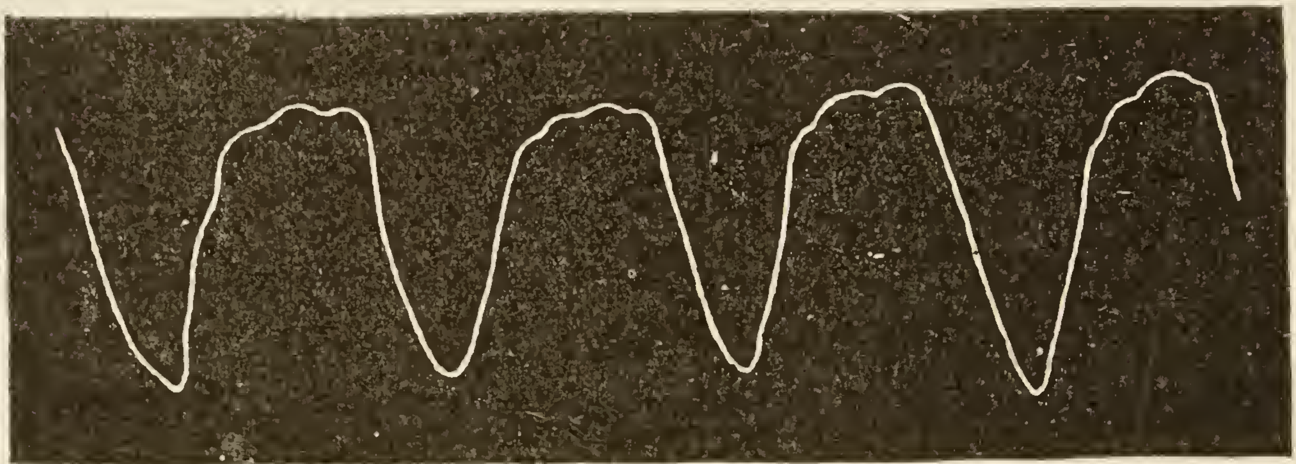


Fig. 211. — Tracé des mouvements respiratoires (Hédon. *Précis de physiologie*).

A. Inspiration. — Elle est active et due aux muscles inspirateurs ordinaires pour une inspiration normale ; à leur action s'ajoute celle des inspirateurs accessoires dans l'inspiration forcée. Le mouvement inspiratoire est rapide et d'une vitesse uniforme pendant toute sa durée, comme le montre la ligne descendante presque verticale du tracé.

En passant dans les anfractuosités nasales, tapissées d'une muqueuse très vasculaire et constamment humectée par les larmes, qui se déversent dans le nez, l'air inspiré s'échauffe, s'il est froid, s'humecte, quand il est trop sec : de là l'utilité de respirer toujours la bouche fermée. Il abandonne aussi au mucus des conduits respiratoires une partie de ses poussières et les microbes, qu'il tient en suspension ; certains de ceux-ci peuvent cependant pénétrer dans la gorge et jusque dans les bronches et l'arbre pulmonaire : parmi eux les deux germes les plus redoutables pour les voies respiratoires sont ceux de la diphtérie et de la tuberculose.

La dilatation pulmonaire n'est pas uniforme ; le bord postérieur, logé dans la gouttière vertébrale, et surtout le sommet sont moins mobiles que le reste du poumon : c'est pour cette raison que le sommet constitue le siège de prédilection de la tuberculose.

La pression intra-pulmonaire devient négative dans l'inspiration, c'est-à-dire moindre que la pression atmosphérique, ce qui détermine l'entrée de l'air extérieur dans les poumons ; elle est de — 1^{mm} dans l'inspiration calme, — 57^{mm} dans l'inspiration profonde.

La vitesse du courant inspiratoire va en diminuant du larynx aux vésicules pulmonaires, en raison des dimensions croissantes du *cône respiratoire*, dont la base supérieure aurait le diamètre du larynx, la base inférieure étant égale à la somme des diamètres de toutes les bronches terminales.

B. Expiration. — L'expiration ordinaire est passive et ne tient qu'à l'élasticité pulmonaire et thoracique, qui produit le retrait du thorax et des poumons distendus ; les muscles expirateurs n'interviennent que dans l'expiration violente, accompagnant par exemple le cri ou l'effort. Le mouvement expiratoire est d'abord rapide, puis il se ralentit progressivement et devient presque insensible à la fin de l'expiration : c'est ce qu'exprime, dans le tracé, la ligne ascendante d'abord verticale, puis de plus en plus oblique jusqu'à devenir presque horizontale.

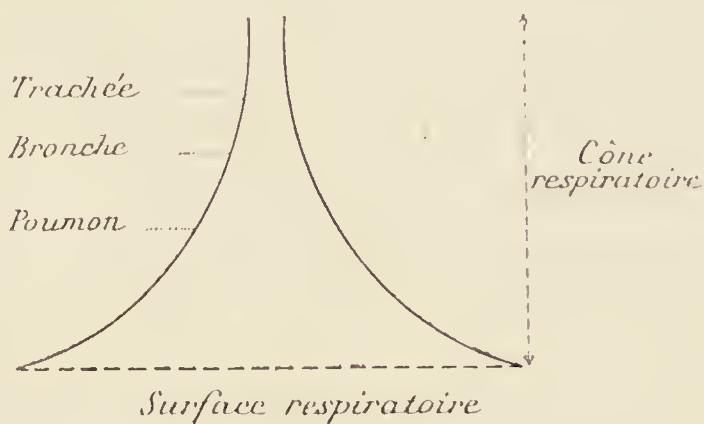


Fig. 212. — Schéma du cône et de la surface respiratoires.

La pression intra-pulmonaire est positive et se chiffre par + 3^{mm} dans l'expiration calme et + 87^{mm} dans l'expiration forcée : c'est donc encore l'inégalité de pression, qui détermine le courant d'air expiratoire.

C. Rythme respiratoire. — Le rythme respiratoire est régulier, comme les battements du cœur ; mais nous pouvons à volonté l'arrêter, le ralentir ou l'accélérer dans certaines limites ; le système nerveux est le régulateur de la fonction respiratoire.

On compte en moyenne 15 respirations chez l'adulte, davantage chez l'enfant, moins chez le vieillard ; leur fréquence augmente avec l'exercice, la fièvre, elle diminue pendant le repos et le sommeil.

CHAPITRE III

PHÉNOMÈNES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LA RESPIRATION

Ces phénomènes, connus sous le nom d'*hématose*, consistent, ainsi que Lavoisier l'a établi le premier, en un échange de gaz entre l'air et le sang; celui-ci emprunte au premier de l'oxygène et lui restitue de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Nous aurons à déterminer le lieu de ces échanges, qui est la *surface respiratoire*, le *rôle respectif de l'air et du sang*, le *mécanisme de l'absorption et de l'élimination des gaz*; un corollaire naturel, relatif à la *viciation de l'air* par la respiration, à la *ventilation* et à l'*asphyxie*, terminera ces considérations.

§ 1. — Surface respiratoire

Elle est représentée par la paroi des lobules, qui, au nombre de 18.000.000, forment les deux poumons; déplissée et distendue, cette paroi équivaudrait à une nappe de 200 mètres carrés de superficie, qui constituerait la base du cône respiratoire et à travers laquelle se font les échanges gazeux entre l'air, situé en dedans d'elle, et le sang, circulant dans son épaisseur. On compte que le réseau capillaire en occupe les deux tiers, soit 150 mètres carrés, et qu'il peut contenir 1 litre de sang.

Chaque inspiration introduit 1/2 litre d'air dans les poumons, soit 10.000 litres en 24 heures; nous en retenons 530 litres d'oxygène, qui sont remplacés par 455 litres d'acide carbonique et 330 grammes de vapeur d'eau.

Chaque pulsation cardiaque pousse dans les capillaires pulmonaires 180 grammes de sang, soit 20.000 litres par jour.

Par ces chiffres on peut se faire une idée de l'importance des phénomènes d'échange, dont la surface respiratoire est le siège.

§ 2. — Rôle de l'air

A. — Air inspiré et expiré. — Il est aisé de se rendre compte des modifications que subit l'air dans les poumons, en comparant la composition de l'air expiré avec celle de l'air extérieur, qu'on inspire :

	Air inspiré.	Air expiré.
Oxygène	21 parties	15,5 parties
Acide carbonique	0,002	4,5 »
Azote	79 »	79 »

L'air expiré diffère donc de l'air inspiré par la diminution de l'oxygène et l'augmentation d'acide carbonique ; on peut d'ailleurs facilement déceler ce dernier par le trouble qu'on produit dans un récipient, rempli d'eau de chaux, dans laquelle on souffle au moyen d'un tube de verre. Il est, en outre, plus riche en vapeur d'eau, qui se condense sous forme de buée, quand l'air expiré arrive dans un milieu à température basse, en hiver par exemple.

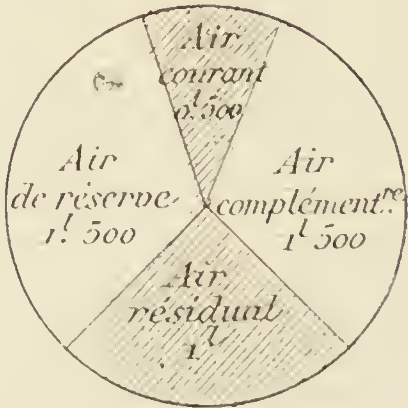


Fig. 213. — Schéma représentant la répartition de la capacité totale des poumons (Langlois et de Varigny, *Physiologie*).

B. Air pulmonaire. — La masse gazeuse, que renferment les poumons, présente un volume et une composition, dont les variations ne sont pas sans intérêt.

a. *Volume.* — La capacité pulmonaire totale est en moyenne de 4 litres 1/2 ; on peut diviser ce volume en quatre parties, correspondant aux différentes phases de l'acte respiratoire ; ce sont les suivantes :

1. *Air résidual* : 1 litre ; c'est l'air restant dans les poumons après une expiration forcée ;

2. *Air de réserve* : 1 litre 1/2 ; il est représenté par la quantité retenue après une expiration normale, en sus de l'air résidual ;

3. *Air courant* : 1/2 litre ; il correspond au volume inspiré et expiré dans une respiration ordinaire ;

4. *Air complémentaire* : 1 litre 1/2 ; c'est l'air introduit par une inspiration forcée, en plus de l'air courant.

Les trois dernières quantités expriment la *capacité vitale ou respiratoire*, qui correspond, par conséquent, au volume d'air introduit après une expiration forcée, par une inspiration également forcée.

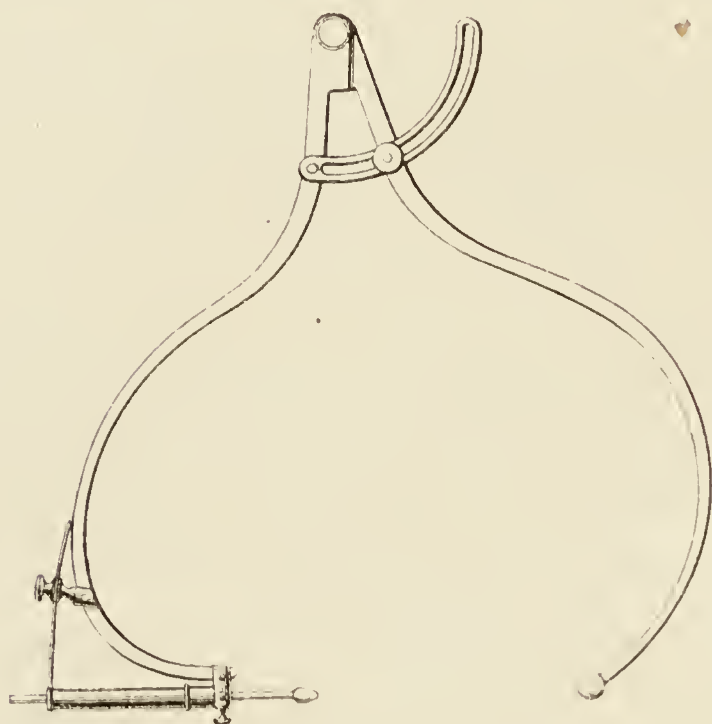


Fig. 214. — Compas thoracique.

Elle varie entre 2,5 et 4 litres, est plus forte chez l'homme, augmente avec l'âge jusqu'à trente ans, avec la taille et le poids. Pour la déterminer, on peut avoir recours à plusieurs procédés, la *mensuration du périmètre thoracique* ou des *diamètres de la poitrine*, qui ne donne que des indications approximatives, et la *spirométrie*, qui permet le dosage volumétrique de la capacité respiratoire. Les deux premières méthodes sont basées sur le rapport entre la masse d'air inhalé et la dilatation de la poitrine : on mesure, après une expiration forcée et après une inspiration forcée, soit la circonférence du thorax avec un ruban métrique, soit ses diamètres antéro-postérieur et transverse, au moyen du *compas thoracique* ou d'un instrument, qui en dérive, le *thoracomètre* ; la capacité respiratoire est d'autant plus grande que l'écart entre les chiffres trouvés après l'expiration et après l'inspiration est plus considérable. Le *spiromètre* Demeny, en usage à l'École de Gymnastique, est un grand réservoir métallique, muni d'un manomètre à eau et une échelle graduée en litres d'air ; après une inspiration profonde, on expulse par une expiration forcée et au moyen d'un tube en caoutchouc, muni d'une embouchure en verre, l'air pulmonaire dans le réser-

voir et on lit le chiffre, qui correspond au niveau de l'eau dans le manomètre.

b. *Composition.* — L'air pulmonaire n'a pas une composition uniforme ; l'oxygène y diminue, l'acide carbonique et la vapeur d'eau augmentent, au contraire, du hile aux lobules. La manière, dont cet air se renouvelle, nous en donne la raison : le 1/2 litre d'air extérieur, qu'introduit une inspiration, n'arrive pas d'emblée

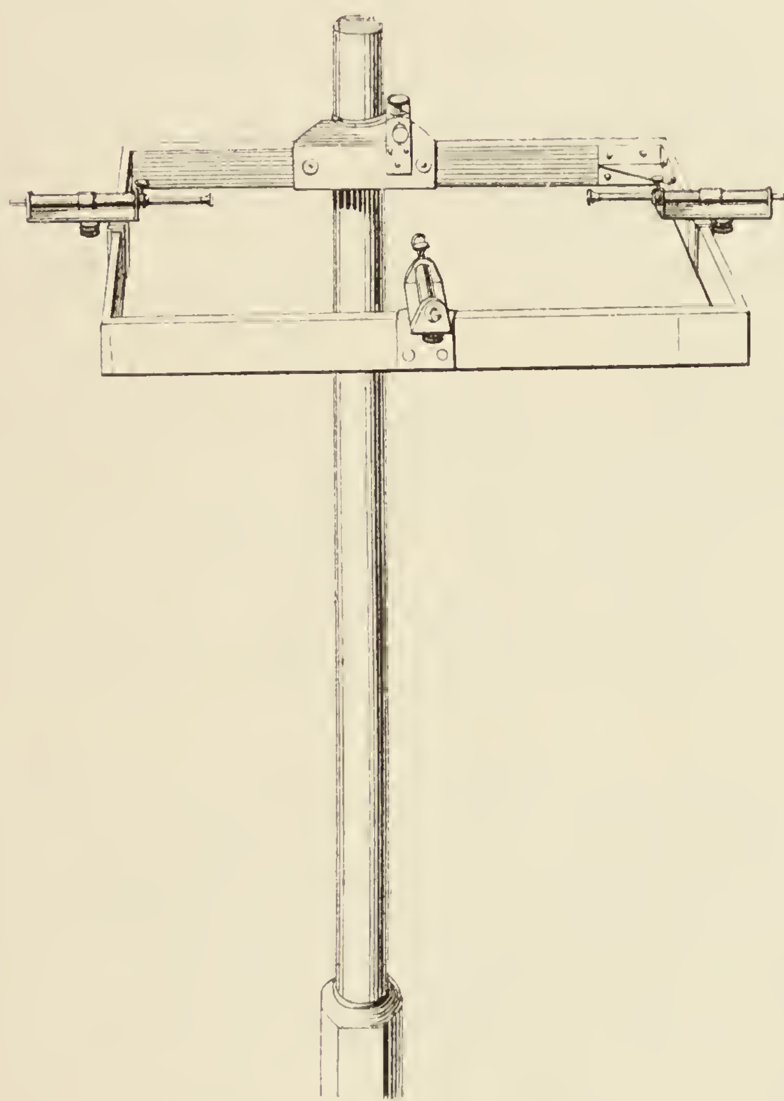


Fig. 215. — Thoracomètre.

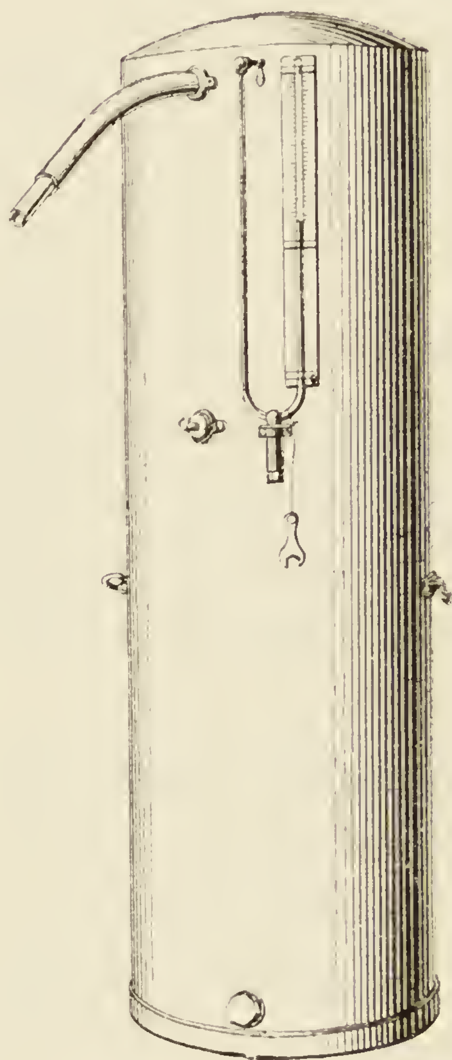


Fig. 216. — Spiromètre.

aux lobules, mais s'arrête dans les premières divisions bronchiques et l'expiration suivante renvoie 1/2 litre de gaz, qui comprend un tiers de l'air pur inspiré et deux tiers d'air vicié des poumons : il reste, par conséquent dans ceux-ci, après une inspiration normale, seulement les deux tiers du 1/2 litre d'air pur inhalé, soit 330 centimètres cubes, qui se mélangent de proche en proche à la masse gazeuse plus profondément située et n'arrivent dans les lobules qu'après les cinq inspirations suivantes. Les poumons ne fonctionnent donc pas comme la cloche pneumatique, dans laquelle on laisse rentrer l'air, après y avoir fait le vide.

§ 3. — Rôle du sang

On ne saurait mieux le saisir qu'en comparant la richesse en oxygène et acide carbonique du sang veineux noir, qui arrive au poumon, et du sang artériel rouge, qui en part ; le tableau suivant montre que le second renferme plus d'oxygène et moins d'acide carbonique que le premier :

	Sang veineux.	Sang artériel.
Oxygène	8 p. 100	18 p. 100
Acide carbonique	48 »	38 »

§ 4. — Mécanisme des échanges gazeux

Les échanges d'oxygène et d'acide carbonique sont régis par les lois physiques de l'absorption des gaz par les liquides et de leur diffusion à travers la membrane poreuse, que représente la surface respiratoire ; ils dépendent donc de la pression de l'oxygène et de l'acide carbonique dans l'air pulmonaire d'une part, dans le sang de l'autre.

La quantité d'oxygène absorbé et d'acide carbonique éliminé varie suivant nombre de circonstances : les échanges augmentent jusqu'à trente ans, puis diminuent ; leur intensité croît avec l'exercice, le froid, et décroît avec le repos, le sommeil et la chaleur.

B. Absorption d'oxygène. — Elle s'effectue en vertu de sa différence de pression dans l'air pulmonaire et le sang, différence que fait ressortir le tableau suivant pour les diverses phases de l'acte respiratoire :

	Tension de l'oxygène		
	Dans le sang des capillaires pulmonaires.	Dans l'air des vésicules pulmonaires.	Différence.
Inspiration calme	44 mm	129 mm	85 mm
» profonde. . . .		140 »	96 »
Expiration calme		121 »	77 »
» profonde. . . .		110 »	66 »

On voit par ces chiffres que l'absorption de l'oxygène est con-

tinue et se fait pendant l'inspiration comme pendant l'expiration, mais plus faiblement durant cette dernière ; les conditions les plus favorables sont réalisés par l'inspiration profonde. Ce sont les globules rouges, qui s'emparent de l'oxygène, en vertu de l'affinité de l'hémoglobine pour ce gaz ; la rapidité des échanges s'explique par la grande surface d'absorption, se chiffrant par 60 mètres carrés, que présentent les globules rouges, contenus dans le sang de la circulation pulmonaire :

B. Élimination de l'acide carbonique. — Elle a lieu également par suite de l'excès de tension de l'acide carbonique dans le sang sur celle, qu'il a dans l'air pulmonaire.

	Tension de l'acide carbonique		
	Dans le sang des capillaires pulmonaires.	Dans l'air des vésicules pulmonaires.	Différence.
Inspiration calme	82 mm	30 mm	52 mm
» profonde		7 »	75 »
Expiration calme		38 »	44 »
» profonde		67 »	15 »

L'acide carbonique s'élimine donc d'une façon continue, mais principalement dans l'inspiration ; l'élimination atteint son maximum dans l'inspiration profonde. Il est à l'état de dissolution dans le plasma sanguin.

En résumé, et ce sera une conclusion pratique à retenir, les grandes inspirations, qui réalisent le mieux la ventilation pulmonaire, favorisent à la fois et au plus haut point les phénomènes d'hématose.

C. Exhalation de vapeur d'eau. — Elle provient du sérum sanguin, qui subit ainsi une condensation.

§ 5. — Viciation de l'air respiré et ventilation ; asphyxie

A. Viciation de l'air respiré et ventilation. — Quand on respire dans une enceinte fermée, l'air de celle-ci perd peu à peu

son oxygène et se charge d'une quantité croissante d'acide carbonique ; il arrive ainsi un moment où la respiration devient impossible, à la fois par manque d'oxygène, qui n'est plus absorbé, parce que sa pression dans l'air est devenue inférieure à celle qu'il a dans le sang, et par accumulation d'acide carbonique, dont la tension dans les deux milieux a suivi, au contraire, la marche inverse : dès lors, les échanges gazeux ne peuvent plus avoir lieu et il se produit des accidents d'asphyxie. De là est née la nécessité de la ventilation, surtout dans les locaux, qui abritent des collectivités, tels que les théâtres, écoles, hôpitaux, prisons, casernes; elle a pour but d'éviter les dangers de *l'air confiné*, en renouvelant l'atmosphère de ces locaux et en assurant à chaque individu un *cube d'air* suffisant. Sachant que l'acide carbonique devient nuisible, quand il atteint dans l'air respiré la proportion de 4 p. 100, connaissant d'autre part la quantité exhalée par les poumons en une heure, on peut calculer le volume d'air nécessaire pour le même temps. L'optimum de la ventilation serait de fournir 60 mètres cubes par homme et par heure ; dans les casernes ce chiffre est fixé à 17 mètres cubes, dans les hôpitaux militaires à 32 mètres cubes.

B. Asphyxie. — Elle consiste dans l'impossibilité d'exécuter l'acte respiratoire, soit parce qu'un obstacle mécanique s'oppose aux échanges, soit parce que le milieu gazeux est irrespirable ou toxique ; elle constitue un danger grave et entraîne la mort, lorsqu'elle se prolonge.

a. *Asphyxie mécanique*. — Un obstacle mécanique ferme les conduits respiratoires et empêche à la fois l'arrivée de l'oxygène dans les vésicules pulmonaires et l'élimination de l'acide carbonique au dehors; c'est le cas du bâillon, de la pendaison, de la strangulation, de la submersion, du croup, etc. L'asphyxie est immédiate; le cadavre est cyanosé, parce que le sang, complètement désoxygéné et sursaturé d'acide carbonique, a pris une coloration noire.

b. *Asphyxie par manque d'air respirable.* — Trois conditions peuvent la réaliser, le manque d'oxygène, l'excès d'acide carbonique ou la présence d'un gaz inerte.

La raréfaction croissante de l'oxygène diminue sa tension et rend son absorption de plus en plus difficile, ce qui produit des troubles respiratoires, pouvant aller jusqu'à l'asphyxie. L'exemple le plus typique nous est fourni par *le mal de montagne*, qui survient dans les ascensions alpestres ou en ballon et se manifeste par un ensemble de symptômes, relevant de la diminution et de la décompression de l'oxygène dans une atmosphère raréfiée; on évite, en effet, ces accidents, quand on se munit de ballons d'oxygène pur et qu'on respire ce gaz.

Nous avons déjà insisté sur les dangers de l'accumulation d'acide carbonique, corroborant celui de la raréfaction de l'oxygène, dans les milieux confinés ; même dans une atmosphère d'oxygène pur, l'acide carbonique devient néfaste, quand sa proportion est assez élevée pour que sa tension devienne égale ou supérieure à celle de ce même gaz dans le sang : on asphyxie un animal, en lui faisant respirer un mélange de 70 p. 100 d'oxygène et 30 p. 100 d'acide carbonique.

La présence d'un gaz inerte agit parce qu'il dilue l'air et raréfie par suite l'oxygène ; c'est ainsi qu'on a constaté chez les aérostiers, employés au gonflement des ballons avec l'hydrogène, qui est un gaz irrespirable, des accidents analogues à ceux du mal de montagne.

c. *Asphyxie toxique.* — Il existe enfin des gaz, qui exercent sur le sang une action particulière, lorsqu'ils sont introduits dans les poumons par la respiration ; celui, dont l'action délétère est la mieux connue et qui produit aussi les accidents les plus fréquents, est l'oxyde de carbone, dans l'asphyxie par le gaz d'éclairage ou le charbon de bois. Dans ce dernier cas la combustion agit d'abord en consommant l'oxygène de l'air et en donnant naissance à de l'acide carbonique, mais le rôle principal revient à l'oxyde de carbone dégagé : il a une affinité spéciale pour l'hémoglobine, avec laquelle

il forme une combinaison indélébile, qui empêche les globules rouges de fixer désormais l'oxygène. L'oxyde de carbone produit une asphyxie rapide, même quand sa proportion dans l'air ne dépasse pas 1.5 p. 100.

III

DIGESTION

La digestion a pour but de transformer les *aliments*, qui nous servent de nourriture, en produits *absorbables* et *assimilables*, au moyen d'organes spéciaux, constituant *l'appareil digestif.*

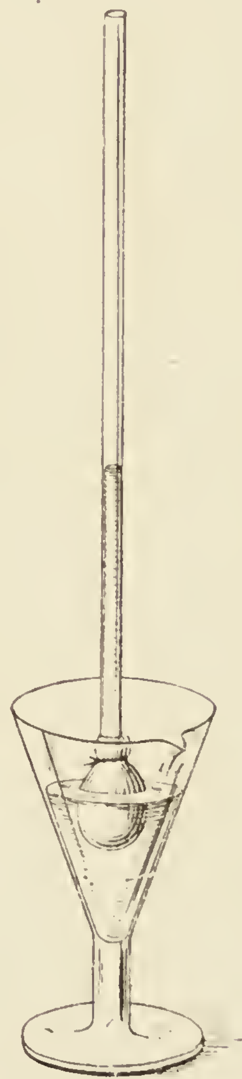


Fig. 217. — Endosmomètre (Hédon, *Précis de physiologie*).

Une substance est absorbable lorsqu'elle possède la propriété de traverser la paroi du tube digestif, pour être recueillie par le sang; la solubilité de cette substance est la condition indispensable de son absorption. Elle est assimilable, quand sa constitution est telle, qu'elle peut être utilisée pour l'entretien de l'organisme. Mettons dans une vessie de porc, fixée à l'extrémité d'un tube de verre, une solution de chlorure de sodium et plongeons ensuite cet appareil, l'*endosmomètre*, qui représente une portion de tube digestif avec son contenu, dans un verre rempli d'eau pur, qui figurera le sang; au bout de quelques heures, on constate que cette dernière est salée : une partie du sel a donc traversé la paroi membraneuse. Recommençons l'expérience, après avoir rempli la vessie avec du blanc d'œuf; on ne trouvera jamais trace d'albumine dans l'eau du verre. Le sel est donc absorbable, l'albumine ne l'est pas et devra subir des transformations digestives, qui la rendront telle. Injectons maintenant une solution de sucre de canne ou l'albumine du blanc d'œuf dans le sang ; ni l'une, ni l'autre de ces

substances ne peuvent être utilisées pour notre entretien et elles sont éliminées telles quelles par les urines; ingérées au contraire dans l'appareil digestif, elles ne reparaissent pas dans les urines : elles ont, par conséquent, subi des modifications, qui ont permis aux tissus de se les approprier, autrement dit, la digestion les a rendus assimilables.

Nous envisagerons successivement les *aliments*, l'*anatomie de l'appareil digestif*, la *physiologie de la digestion* et nous terminerons par l'*absorption* des aliments digérés.

CHAPITRE PREMIER

ALIMENTS

Les substances constitutives de l'organisme s'éliminent sans cesse et ont besoin d'être remplacées; établissons donc la *qualité* et la *quantité* des aliments destinés à ce remplacement, puis nous rechercherons leur *origine*.

§ 1. — Qualité et quantité

L'alimentation réparant nos pertes, doit être réglée sur celles-ci; si elle ne les couvre pas, l'organisme dépérit et meurt finalement d'inanition; si le gain dépasse la dépense, le corps s'accroît (enfance) ou fait des réserves, si son développement est terminé (obésité). Deux sensations spéciales, la *soif* et la *faim*, nous avertissent périodiquement du besoin de restauration, éprouvé par l'organisme.

La qualité des aliments doit répondre également à nos besoins et les différents principes doivent être ingérés en proportion de la perte subie par chacun d'eux. Au point de vue chimique, le corps est constitué par de l'eau, des sels minéraux, des substances hydrocarbonées, des graisses et des matières albuminoïdes; tous ces principes sont nécessaires à la vie : la privation systématique de l'un ou de l'autre entraîne des troubles profonds dans l'organisme et, inversement, il serait impossible de se nourrir impunément avec l'un d'entre eux, à l'exclusion des autres.

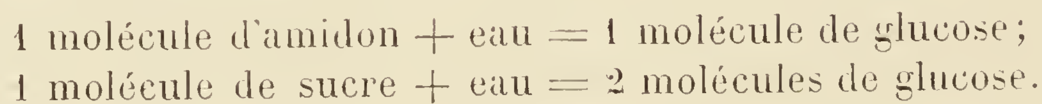
A. Aliments simples. — On appelle aliments simples des subs-

tances ayant la composition chimique des principes constitutifs de l'organisme et on les divise en trois groupes, les *aliments minéraux*, *ternaires* et *albuminoïdes*.

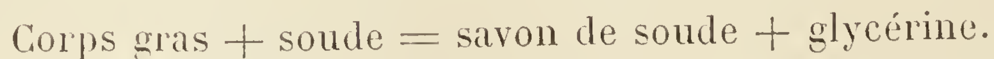
a. *Aliments minéraux*. — Ce sont l'eau et différents sels, en particulier le chlorure de sodium, des phosphates et des carbonates de chaux. L'eau et les sels en solution ne subissent pas d'élaboration spéciale dans le tube digestif et peuvent passer directement dans l'organisme.

b. *Aliments ternaires*. — Ils comprennent les *hydrocarbonés* et les *corps gras*. Les premiers ont surtout une origine végétale et englobent les *sucres*, comme le sucre de canne, de betterave, de raisin, et les *féculents*, tels que l'amidon de la farine de blé et des graines légumineuses, la fécule de la pomme de terre. Les corps gras, fournis à la fois par les matières végétales et animales, sont liquides, comme l'huile, ou solides, comme la graisse et le beurre.

Les sucres en nature ne sont pas assimilables par l'organisme, les féculents étant insolubles ne passent pas dans le sang à travers la paroi intestinale ; pour rendre les uns assimilables et les autres absorbables, la digestion les transforme par hydratation en un corps nouveau, le *glucose* :


1 molécule d'amidon + eau = 1 molécule de glucose ;
1 molécule de sucre + eau = 2 molécules de glucose.

Les corps gras sont des mélanges neutres ou acides de sels, dus à la combinaison d'acides gras avec la glycérine ; dans cet état, ils sont, eux aussi, incapables de passer dans le sang et ils ne deviennent absorbables qu'après avoir subi la *saponification* ou l'*émulsion*. Lorsqu'on met un corps gras en présence d'une solution alcaline chaude, de la soude par exemple, celle-ci met en liberté la glycérine et forme avec les acides gras des savons solubles ; c'est ce qu'on appelle la saponification, qu'on pourrait formuler ainsi :


Corps gras + soude = savon de soude + glycérine.

Quand on agite un corps gras avec de l'eau, il se forme un liquide laiteux, par suite de la division de la graisse en fines gouttelettes,

qui sont en suspension dans l'eau : c'est l'émulsion ; le mélange est de courte durée, mais il devient stable, si l'agitation a lieu dans une solution alcaline étendue.

c. *Aliments albuminoïdes.* — Nous les retirons du règne végétal, où ils sont représentés par le gluten des céréales, la légumine des poids, haricots, lentilles, et du règne animal, où nous utilisons l'albumine du blanc d'œuf, la caséine du fromage, la myosine du muscle, la fibrine du sang. Les albuminoïdes ne sont pas assimilables; la digestion les transforme en *peptones*, solubles et absorbables.

B. Ration alimentaire. — L'expérimentation a permis de fixer la quantité d'aliments simples, nécessaires pour maintenir l'équilibre de poids du corps, et la proportion, dans laquelle ils doivent entrer dans l'alimentation. Cette quantité varie avec l'âge et le travail à fournir; l'enfant, en raison de son développement, a besoin d'une ration d'accroissement proportionnellement plus forte que celle de l'adulte; l'homme, qui travaille, doit se nourrir d'une façon plus intensive que celui qui est au repos, en d'autres termes, la *ration de travail* est plus élevée que la *ration d'entretien*. On peut évaluer la ration alimentaire moyenne aux chiffres suivants pour 24 heures :

Eau	2 820 gr.
Principes minéraux	30 »
Hydrocarbonés	330 »
Corps gras	90 »
Matières albuminoïdes	120 »
Total	3 390 gr.

Dans l'armée, nous avons la ration de garnison, la ration normale et la ration forte de campagne; elles sont proportionnées aux quantités de travail que le soldat peut avoir à fournir selon les circonstances.

§ 2. — Origine

Nous ne prenons pas notre nourriture sous forme d'aliments simples, mais nous empruntons à la nature des *substances alimentaires* et des *boissons*.

A. Substances alimentaires. — Les substances alimentaires représentent un mélange, en proportions variables, de plusieurs aliments simples; ainsi, le pain contient une matière hydrocarbonée, l'amidon, et une matière albuminoïde, le gluten. On peut donc, à la rigueur, se nourrir exclusivement de l'une d'entre elles : les animaux carnassiers ne vivent que de viande, les végétariens vivent de plantes. Mais il est rare que les substances alimentaires contiennent les aliments simples dans les proportions voulues pour les besoins de notre organisme, à l'exception toutefois du lait et des œufs, que l'on désigne, pour cette raison, sous le nom d'*aliment complet*. L'homme se nourrit donc habituellement de substances alimentaires diverses, pain, viande, légumes; il fait comme on dit, de l'*alimentation mixte*.

Les substances alimentaires sont d'origine *animale*, *végétale*, ou *minérale*.

a. *Substances d'origine animale*. — Elles renferment les quatre principes constitutifs de l'organisme : eau, sels, matières ternaires et albuminoïdes, mais les hydrocarbonés y entrent dans une faible proportion, tandis que celle des albumines est très élevée.

b. *Substance d'origine végétale*. — Elles présentent de grandes différences dans leur composition; ainsi les légumineuses (pois, haricots, lentilles) sont riches en albuminoïdes et hydrocarbonés, mais pauvres en corps gras; les céréales (froment, seigle, orge, riz, maïs) renferment moins d'albuminoïdes et plus d'hydrocarbonés; la pomme de terre est moins nourrissante que les graines précédentes, en raison de sa grande richesse en eau et de sa faible

proportion en matières albuminoïdes; enfin les légumes verts sont peu nutritifs aussi, car ils contiennent beaucoup d'eau et sont pauvres en matières ternaires et en albumines. Les fruits ne nourrissent qu'en proportion de leur richesse en sucres.

c. *Substances d'origine minérale.* — Les substances alimentaires précédentes contiennent suffisamment de principes minéraux, pour satisfaire aux besoins de l'organisme; aussi, n'en ingérons-nous pas à part habituellement, à l'exception du sel.

B. Boissons. — Les boissons ont pour but de compléter la ration d'eau; à côté de *l'eau*, qui est la meilleure, la consommation de *boissons alcooliques* est d'un usage courant.

a. *Eau.* — Pour être potable, une eau doit être pure; celle des sources est considérée comme offrant le plus de garantie sous ce rapport. L'eau des citernes, des puits et des rivières est souvent contaminée et peut transmettre un certain nombre de maladies, en particulier la fièvre typhoïde et la dysenterie, qui se localisent précisément sur l'appareil digestif. Il est donc utile, lorsqu'on est obligé de consommer ces eaux, d'en assurer au préalable la purification : les procédés les plus efficaces sont, en garnison, la *filtration* et, en manœuvres ou en campagne, l'*ébullition*, qui doit avoir une durée de vingt minutes.

b. *Boissons alcooliques.* — On distingue *les boissons fermentées* et les *boissons distillées.*

Les boissons fermentées usuelles, vin, bière, cidre, sont obtenues par la fermentation alcoolique du sucre de raisin, d'orge germé ou de pommes; elles sont fréquemment falsifiées, adultérées, ou fabriquées de toutes pièces.

Les boissons distillées comprennent les eaux-de-vie (marc, cognac, kirsch, quetsch, rhum, tafia), les apéritifs (absinthe, amers, vermouth) et les liqueurs (curaçao, anisette, kummel); elles sont plus souvent artificielles que naturelles, c'est-à-dire fabriquées avec de mauvais alcools, extraits de la betterave, de la pomme de

terre, des céréales, du maïs, et aromatisées avec des essences d'anis, d'absinthe, de badiane, de fenouil, d'hysope, de rue, qui jouissent toutes de propriétés toxiques élevées.

On peut se passer de boissons alcooliques : les abstinents, qui boivent exclusivement de l'eau, sont aussi vigoureux que les autres. Toutefois, l'usage modéré de boissons fermentées, quand elles sont naturelles et prises aux repas, n'offre pas d'inconvénient ; mais il ne faut pas dépasser un litre de vin par jour. Dans ces conditions, l'alcool dilué a une action stimulante sur la digestion et excitante sur le système nerveux; il n'a cependant qu'une faible valeur nutritive, car après s'être mélangé au sang et avoir traversé tous les organes, il est en grande partie éliminé par les reins et les poumons et ne saurait, par conséquent, être considéré ni comme un fortifiant, ni comme un aliment.

L'usage abusif des boissons fermentées et l'emploi continu, même modéré, de boissons distillées aboutit *à l'alcoolisme*, qui consiste en un véritable empoisonnement chronique de tout l'organisme. Le danger de cette intoxication est d'autant plus grand, qu'il est souvent inconscient : comment détourner d'un vice qu'il croit ne pas avoir, un homme qui boit régulièrement des liquides alcooliques, mais sans arriver jusqu'à l'ivresse? L'effet toxique tient à la fois à l'alcool et aux essences, qui constituent les bouquets des boissons spiritueuses; l'expérimentation a montré que l'alcool altère tous nos organes, à commencer par l'appareil digestif, et que les essences ont une action convulsivante ou stupéfiante sur le système nerveux. L'alcoolique présente de ce fait une diminution de la résistance organique : il est plus exposé aux maladies aiguës et chroniques, en particulier à la fièvre typhoïde, la pneumonie, la tuberculose, et ces affections prennent chez lui une allure plus grave, souvent mortelle; même les blessures ont chez le buveur une gravité particulière. L'action prépondérante sur le cerveau entraîne des modifications de l'intelligence et de la raison, mène à des crises délirantes, à l'épilepsie ou à la paralysie, à la dégradation morale et à la folie; dans ces quarante dernières années, le nombre des aliénés a quadruplé, parallèlement à la consomma-

tion de l'alcool. Les alcooliques forment le plus gros contingent de l'armée du vice, de la misère et du crime; dans les prisons, les deux tiers des détenus sont des alcooliques. La mortalité est très élevée chez les buveurs; ils meurent jeunes, souvent par accident ou par suicide : les régions, où l'on consomme le plus d'alcool, sont aussi celles, où il y a le plus de suicides.

L'influence néfaste de l'alcool retentit même sur la descendance : les enfants, issus d'alcooliques, meurent fréquemment en bas âge et de ce fait l'alcoolisme est une cause importante de dépopulation; ceux qui survivent, présentent des malformations physiques (rachitisme, défaut de taille) ou de la dégénérescence intellectuelle (épilepsie, idiotie, folie). Ces descendants ont un penchant funeste pour l'alcool et, lorsqu'il s'y adonnent, leurs petits-enfants n'arrivent plus à l'état adulte : la famille alcoolique s'éteint spontanément.

Si l'on considère le préjudice que l'alcoolisme cause plus spécialement à l'armée, on constate qu'il vicie et affaiblit le recrutement par la production d'hommes moins résistants, moins développés, souvent infirmes, qu'il diminue le contingent par la mortalité élevée des descendants d'alcooliques et par le nombre croissant d'exemptions, que nécessitent leurs tares physiques, enfin, qu'il éclaircit les rangs de l'armée par les réformes pour les maladies si fréquentes chez l'ivrogne, et par les décès soit en service actif, soit dans les foyers, à la suite des accidents et des affections aiguës ou chroniques, qui guettent le buveur.

Il est bon que, dans les milieux militaires, chacun connaisse les dangers de l'alcoolisme et contribue, pour sa part, à enrayer ce terrible fléau: retenons que l'homme devient fatalement alcoolique, c'est-à-dire s'empoisonne lentement par l'alcool, même sans avoir été jamais en état d'ivresse, quand il prend trop de boissons fermentées (plus d'un litre par jour) ou s'il fait un usage quotidien, même modéré, de boissons distillées, qui sont doublement toxiques. L'absorption modérée de vin, de cidre ou de bière est sans danger; les eaux-de-vie, apéritifs et liqueurs doivent être absolument exclus de l'alimentation.

CHAPITRE II

ANATOMIE DE L'APPAREIL DIGESTIF

L'appareil digestif comprend deux parties, *le canal alimentaire* et des *organes annexes*.

§ 1. — Canal alimentaire

Le canal alimentaire est formé par une série de cavités, qui se succèdent dans l'ordre suivant : *cavité buccale*, *pharynx*, *œsophage*, *estomac*, *intestin grêle*, et *gros intestin*.

A. Cavité buccale. — Elle communique avec l'extérieur par la *bouche* et, en arrière, avec le pharynx par *l'isthme du gosier;* ses limites sont en avant *les lèvres*, latéralement les *joues*, en bas un plan musculo-cutané, le *plancher buccal*, en haut une partie osseuse, *la voûte palatine*, et une partie membraneuse, *le voile du palais*, avec *la luette*.

Dans la cavité buccale sont logées la *langue* et les *dents*.

a. *Langue*. — C'est un organe musculeux, fixé par sa base au maxillaire inférieur, tandis que le reste peut se mouvoir en tous sens; sa face dorsale présente des petites saillies, les *papilles*, qui lui donnent un aspect velouté; celles-ci prennent vers la base une forme particulière et constituent le *V lingual*, qui est le siège du goût.

b. *Dents*. — Au nombre de dix pour chaque machoire dans la *dentition temporaire* des enfants et de seize dans la *dentition perma-*

nente de l'adulte, elles forment *deux arcades*, l'une *supérieure*, l'autre *inférieure*.

On les divise en *incisives* (4), *canines* (2), *petites* (4) et *grosses molaires* (6).

A l'examen extérieur, une dent comprend trois parties, la *racine*, la *couronne* et le *collet*. La racine unique ou multiple, est implantée dans une dépression du maxillaire, l'*alvéole*, garnie d'un périoste qui adhère à la dent et se continue à la surface avec la *gencive*. La couronne est constituée par la partie de la dent visible dans la bouche et diffère de forme avec la variété de la dent : elle est tranchante pour l'incisive, pointue pour la canine, en plateau pour la molaire. Le collet est le rétrécissement situé entre la racine et la couronne.

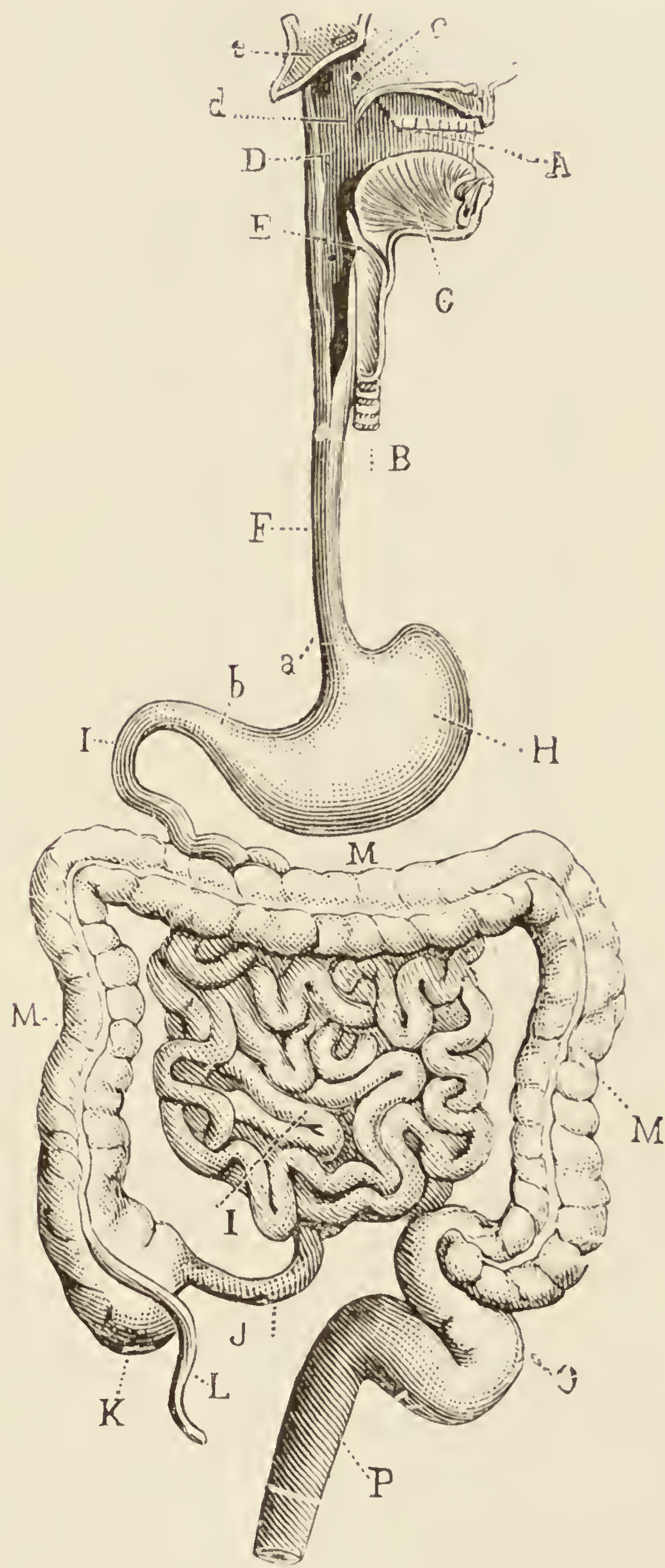


Fig. 218. — Vue d'ensemble du canal alimentaire (Pizon, *Anatomie animale*).

A, cavité buccale. — B, trachée. — D, pharynx. — E F, œsophage. — H, estomac. — I I J, intestin grêle. — K M O P, gros intestin.

Sur la coupe longitudinale d'une dent, on voit de dehors en dedans trois couches, l'*émail* et le *cément*, l'*ivoire* et la *pulpe dentaire*. L'émail forme une couche blanche et dure, qui enveloppe et protège la couronne ; il se continue au niveau du collet avec le cément, qui est jaunâtre et recouvre la racine ; l'ivoire constitue la substance fondamentale de la dent. La pulpe dentaire est la partie molle et rougeâtre, qui est logée dans une excavation centrale, la *cavité dentaire* ; celle-ci se prolonge jusqu'à

l'extrémité inférieure de la racine par un canal, qui livre passage à un filet nerveux sensitif et aux vaisseaux nourriciers, allant se ramifier dans la pulpe.

B. Pharynx. — Le pharynx est un carrefour, auquel aboutissent les fosses nasales, la bouche et le larynx; sur ses côtés, on voit les *amygdales*.

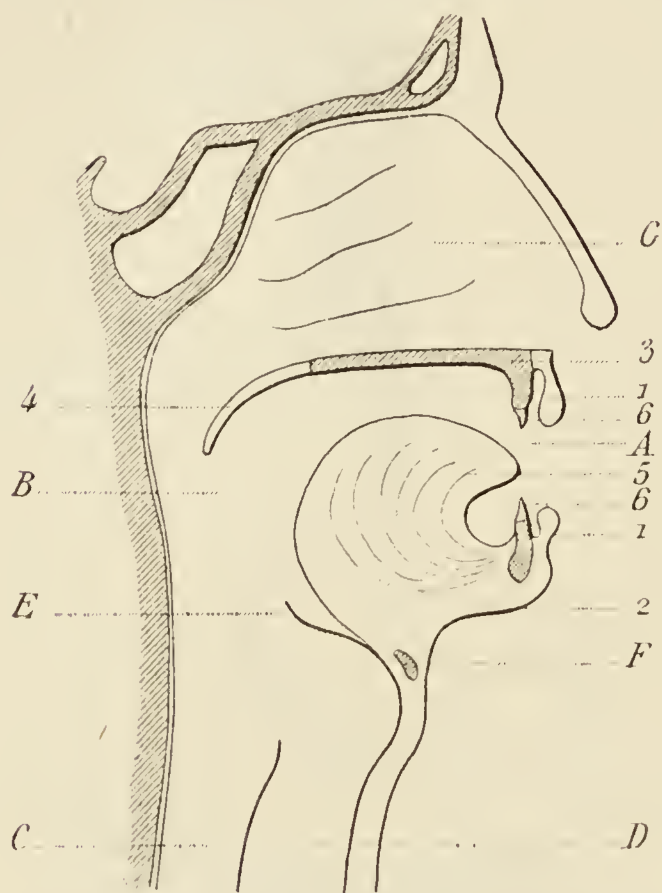


Fig. 219. — Coupe schématique de la tête montrant la partie initiale du canal alimentaire.

A, cavité buccale. — 1, 1, lèvres. — 2, plancher buccal. — 3, voute palatine. — 4, voile du palais et luette. — 5, 5, langue. — 6, 6, arcades dentaires. — B, pharynx. — C, œsophage. — D, larynx. — E, épiglotte. — F, os hyoïde. — G, fosses nasales.

C. Œsophage. — C'est un conduit membraneux, en forme de cylindre aplati, de 25 centimètres de long; il fait suite au pharynx, descend verticalement à travers le thorax et le long de la colonne vertébrale et aboutit à l'estomac. Il est formé de fibres musculaires lisses, disposées en deux couches, l'une longitudinale, l'autre circulaire.

D. Estomac. — L'estomac est une poche en forme de cornemuse, située à la partie supérieure et antérieure de la cavité abdominale, en dessous du diaphragme et du foie; il présente une grosse extrémité tournée en haut et à gauche, un grand axe dirigé en bas et à droite, une *grande courbure* inférieure et une *petite courbure* supérieure; il a, en outre, deux orifices, le *cardia*, par lequel il communique avec l'œsophage, le *pylore*, auquel fait suite l'intestin. Ses dimensions varient selon qu'il est vide ou plein : l'estomac se dilate, au fur et à mesure qu'il se remplit.

La paroi stomacale est formée de fibres musculaires lisses, les unes longitudinales, les autres circulaires; elle renferme des glandes en forme de doigts de gant, qui sécrètent le *suc gastrique*. Le cardia et le pylore sont pourvus chacun d'un muscle sphincter à fibres circulaires.

E. Intestin grêle. — L'intestin grêle est un tube de 8 mètres

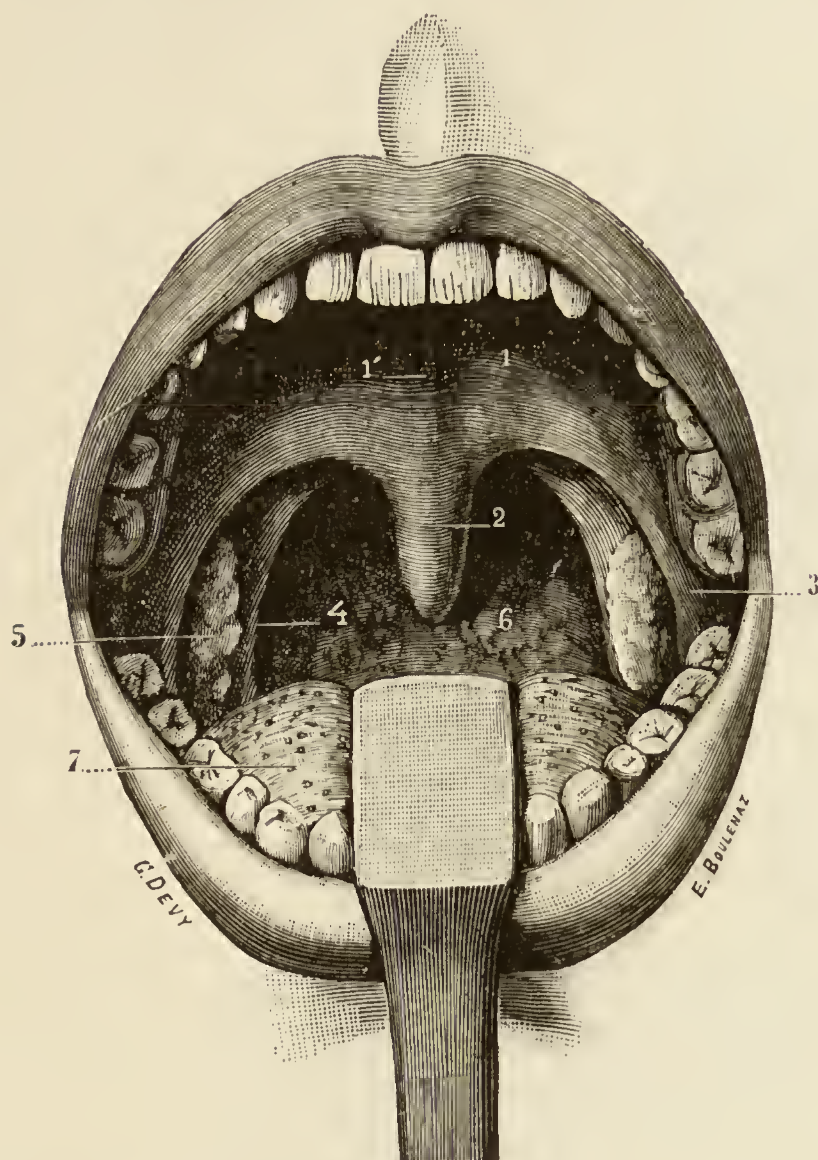


Fig. 220. — Isthme du gosier, vu par sa face antérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', voile du palais. — 2, luette. — 3, 4, saillies de l'isthme entre lesquelles sont les amygdales, 5. — 6, paroi postérieure du pharynx. — 7, langue.

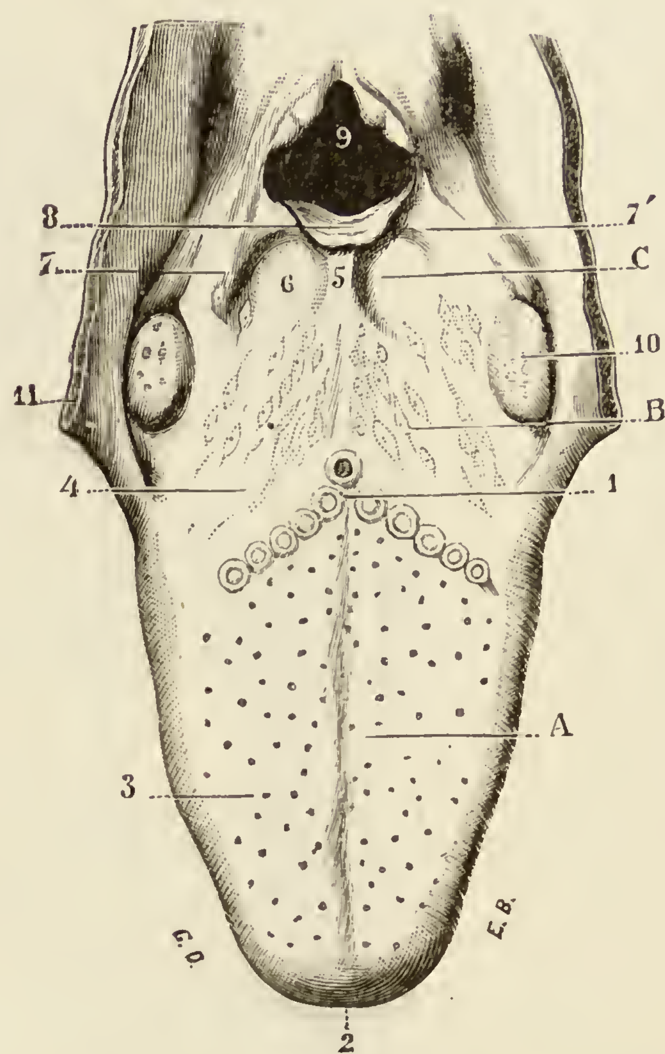


Fig. 221.— Langue, vue par sa face supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, V lingual. — 2, pointe de la langue. — 3, papilles. — 4, base de la langue. — 8, épiglotte. — 9, orifice du pharynx.

de longueur sur 3 centimètres de diamètre, commençant à l'esto-

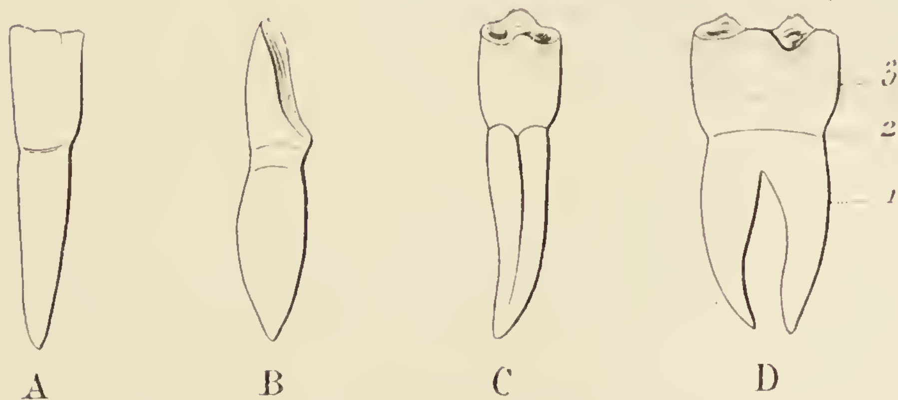


Fig. 222. — Conformation extérieure des dents.

A, incisive. — B, canine. — C, petite molaire. — D, grosse molaire avec 1, racine. 2, collet, 3, couronne.

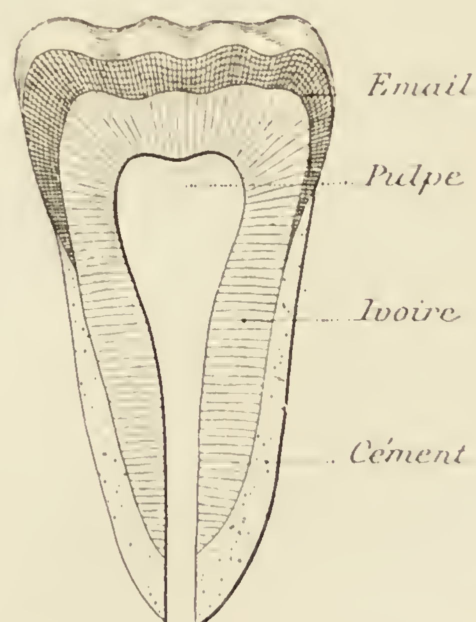


Fig. 223. — Coupe d'une dent faisant voir sa structure.

mac et s'abouchant dans la fosse iliaque droite avec le gros intestin,

dont le sépare un repli membraneux, la *valvule iléo-cæcale :* on le divise en trois portions, qui sont, en partant du cardia, le *duodé-*

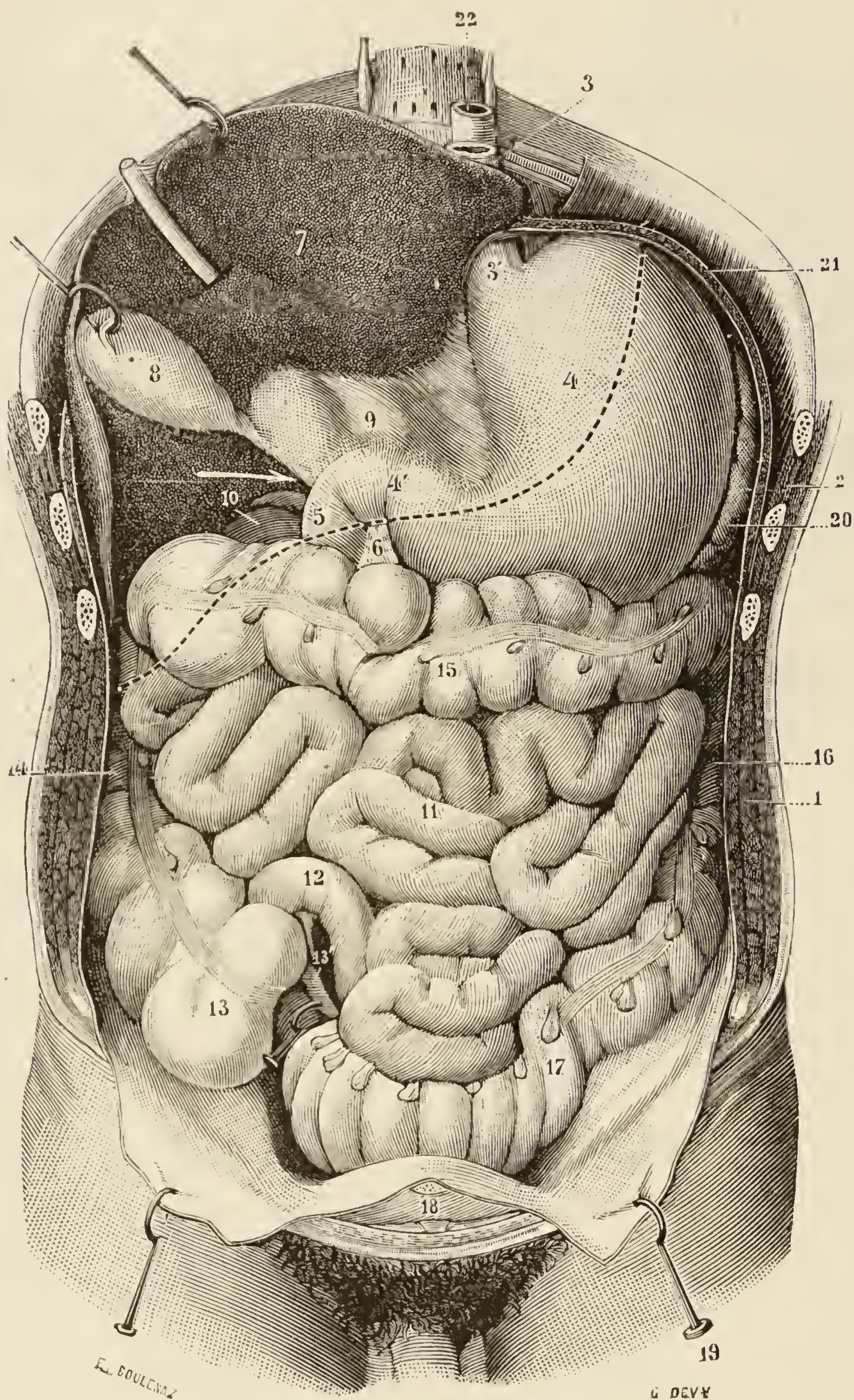


Fig. 224. — Disposi[illegible] de l'estomac et des intes[illegible] [illegible] cavité abdominale (Testut. *Anatomie humaine*).

1, paroi abdominale. — 2, paroi thoracique. — 3, œsophage. — 3', cardia. — 4, estomac. — 4', pylore, — 5, duodénum. — 6, pancréas. — 7, foie. — 8, vésicule biliaire. — 10, rein droit. — 11, jéjunum. — 12, iléon. — 13, cæcum avec 13', son appendice. — 14, 15. 16. 17, côlon. — 18, vessie. — 20, rate. — 21, diaphragme. — 22, aorte.

num, le *jéjunum* et l'*iléon*. Il forme dans la cavité abdominale une série d'anses mobiles, les unes sur les autres et qui sont rattachées à la colonne vertébrale par une membrane froncée, le *mésentère*,

dans lequel cheminent les vaisseaux sanguins et les lymphatiques de l'intestin.

La paroi intestinale est formée d'une couche externe de fibres lisses longitudinales et d'une interne de fibres circulaires; dans son épaisseur, sont logées de nombreuses glandes, qui sécrètent le *suc entérique*. Sur la face interne de l'intestin, on voit des replis

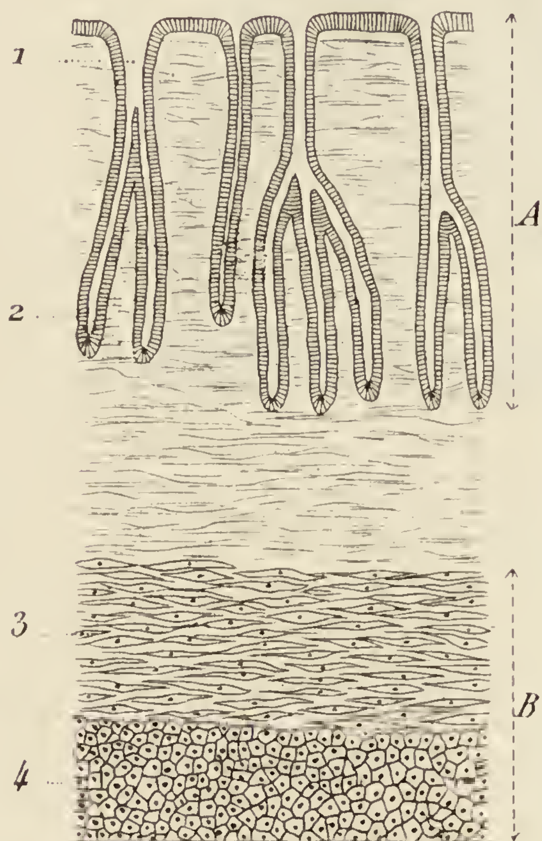


Fig. 225. — Coupe de la paroi stomacale (d'après Viault et Jolyet, *Physiologie humaine*).

A, couche glandulaire. — B, couche musculaire. — 1, canal excréteur d'une glande. — 2, partie sécrétante. — 3, fibres longitudinales. — 4, fibres circulaires.

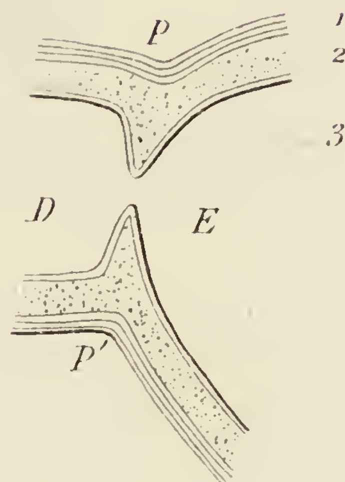


Fig. 226. — Coupe schématique du pylore (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

E, estomac. — D, duodénum. — *p p'*, pylore. — 1, fibres musculaires longitudinales. — 2, fibres circulaires formant le sphincter pylorique, 3.

transversaux, les *valvules conniventes*, qui présentent elles-mêmes un nombre infini de petits filaments, les *villosités intestinales*, dans lesquelles naissent les vaisseaux chylifères : cette disposition a pour but d'augmenter la surface d'absorption du tube digestif.

F. Gros intestin. — Il n'a que $1^{m},50$ de long, mais est plus large que l'intestin grêle, auquel il fait suite; il comprend également trois portions, le *cæcum*, le *côlon* et le *rectum*. Le cæcum est un cul-de-sac situé au-dessous de la valvule iléo-cæcale ; il se termine en bas par un cordon, l'*appendice*, qui est le siège de l'appendicite. Le côlon continue le cæcum, monte d'abord verticalement jusqu'à

la face inférieure du foie, se coude à l'angle droit et passe trans-

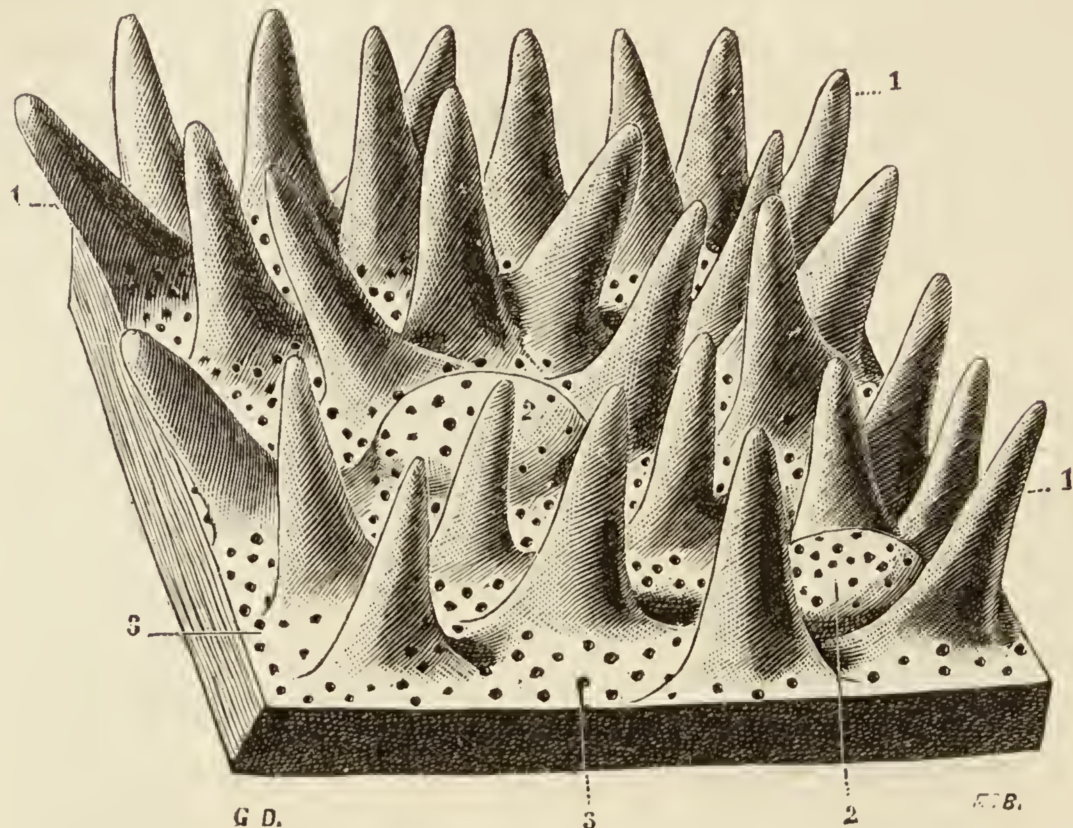


Fig. 227. — Villosités intestinales, vues à un fort grossissement (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1, villosités. — 3, 3, orifices des glandes intestinales.

versalement sous l'estomac jusqu'au-dessous de la rate; là, il se recourbe de nouveau et descend verticalement dans la fosse iliaque

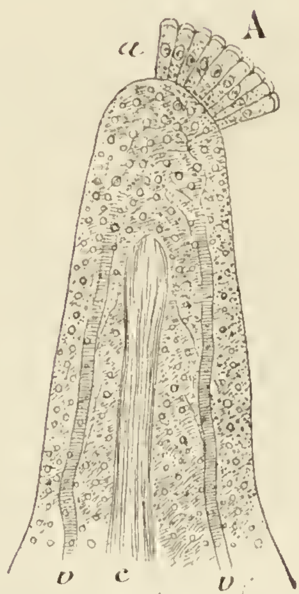


Fig. 228. — Aspect microscopique d'une villosité (Viault et Jolyet, *Physiologie humaine*).

c, vaisseau chylifère. — v, v, vaisseaux sanguins.

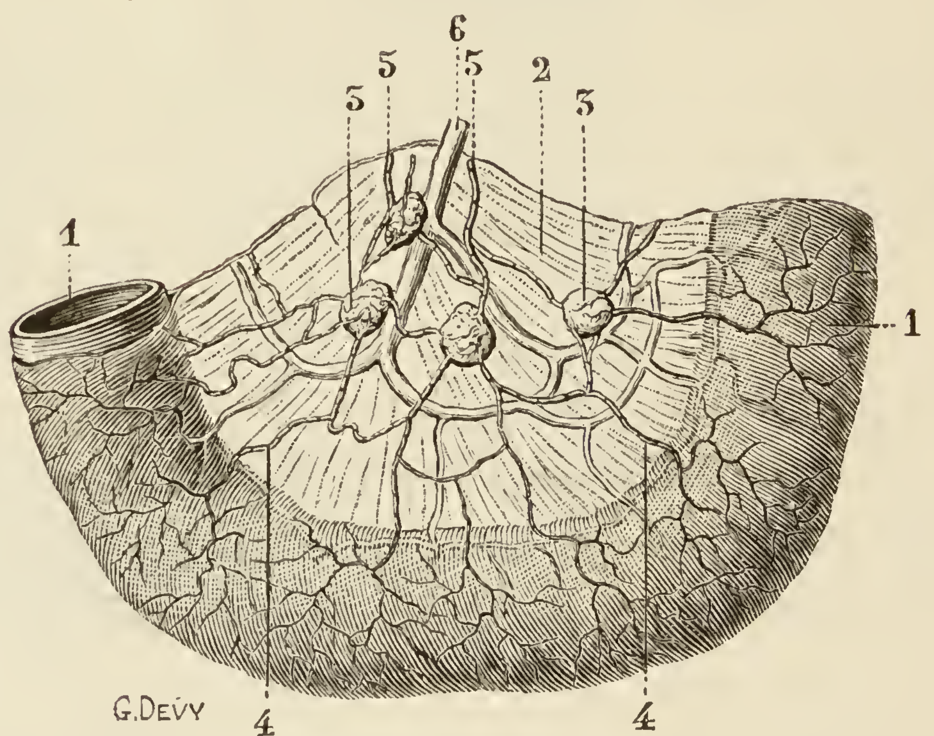


Fig. 229.— Vaisseaux chylifères (Testut, *Anatomie humaine*).

1, anse intestinale. — 2, mésentère. — 3, 3, ganglions lymphatiques. — 4, 5, vaisseaux chylifères. — 6, une branche d'origine de la veine-porte.

gauche. Le rectum est la portion terminale du tube digestif; il aboutit à *l'anus*, qui est pourvu d'un muscle sphincter.

§ 2. — Annexes du canal alimentaire

Ces annexes sont les *glandes salivaires*, le *foie* et le *pancréas*.

A. Glandes salivaires. — On appelle ainsi trois glandes paires, placées au voisinage de la cavité buccale, les *parotides*, les *sous-maxillaires* et les *sublinguales*. Elles ont la forme de grappes de raisin, et comprennent des *lobules* en cul-de-sac, chargés de sécréter la *salive*, et un *canal excréteur*, qui conduit ce liquide dans la bouche.

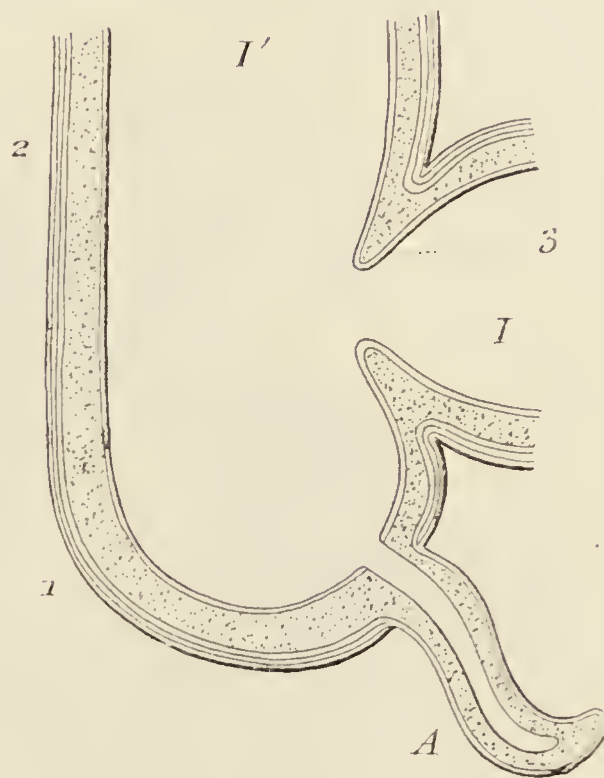


Fig. 230. — Coupe schématique montrant le mode d'abouchement de l'intestin grêle avec le gros intestin.

I, intestin grêle. — I', gros intestin. — A, appendice. — 1, cæcum. — 2, côlon. — 3, valvule iléo-cæcale.

a. *Parotides*. — Chacune, grosse comme une noix, est située en arrière de la branche montante du maxillaire inférieur, au-dessous du conduit auditif; son canal excréteur traverse horizontalement la joue et s'ouvre dans la bouche, au niveau de la deuxième grosse molaire supérieure.

b. *Sous-maxillaires*. — Elles sont situées sur le côté du cou, entre le maxillaire et l'os hyoïde, et donnent naissance à un canal, qui débouche de chaque côté du frein de la langue.

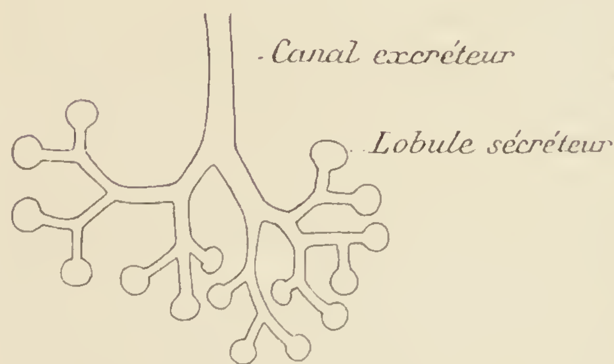


Fig. 231. — Schéma de glande en grappe.

c. *Sublinguales*. — Elles sont disséminées sous la langue.

B. Pancréas. — Comparable comme forme à un marteau, il s'étend transversalement derrière l'estomac ; il a une structure analogue à celle des glandes salivaires et sécrète le *suc pancréatique*, qui s'écoule dans le duodénum.

C. Foie. — Il est chargé de sécréter la *bile*, qui se déverse également dans le duodénum; c'est un organe volumineux, du poids de 1.600 grammes, de couleur rouge brun et de consistance très ferme. Il est situé dans la partie supérieure et droite de l'abdomen, en dessous du diaphragme ; sa surface lisse est enveloppée

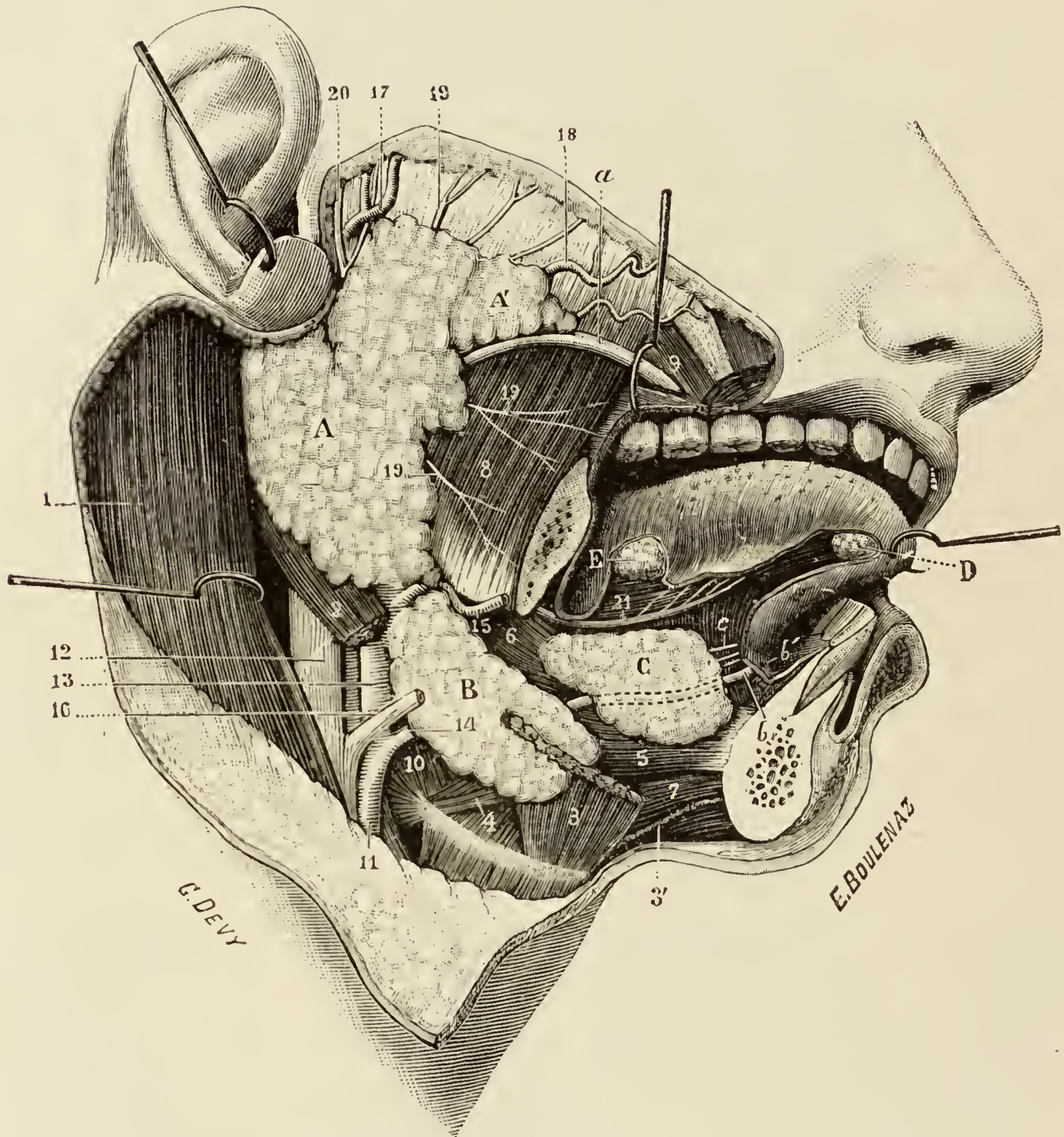


Fig. 232. — Côté droit de la tête, avec les trois glandes salivaires (Testut, *Anatomie humaine*).

AA', parotide, avec *a*, son canal excréteur. — B, glande sous-maxillaire, avec *bb'*, son canal excréteur. — C, E, D, glandes sublinguales.

d'une membrane fibreuse. Un sillon le divise en un *lobe droit* et un *lobe gauche;* sa face supérieure est convexe ; à la face inférieure, on voit la *vésicule biliaire* et le *hile*, qui laisse passer la *veine-porte*, l'*artère hépatique* et le *canal hépatique*.

Au point de vue de la structure, il faut distinguer, dans le foie, les éléments sécréteurs ou *lobules hépatiques* et les *canaux excréteurs* de la bile.

a. *Lobules hépatiques.* — Ils sont représentés par une infinité de petites granulations, séparées par des espaces, dans lesquels cheminent les vaisseaux et les conduits excréteurs.

Un lobule, examiné au microscope, comprend :

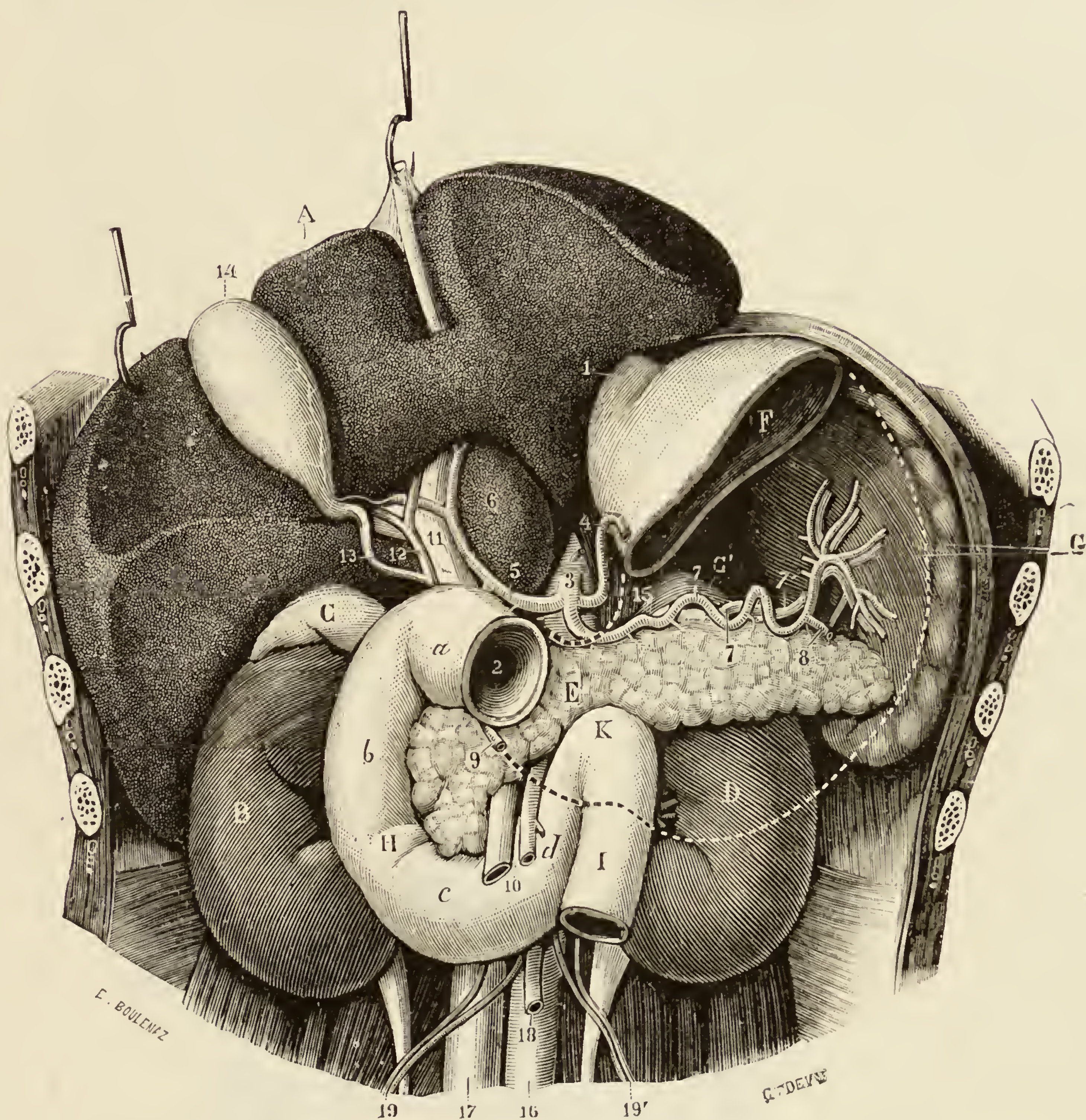


Fig. 233. — Vue du pancréas et du foie, après ablation de l'estomac (Testut, *Anatomie humaine*).

A, face inférieure du foie. — BC, C'D, reins. — E, pancréas. — F, partie supérieure de l'estomac. — Cr. rate. — HKI, intestin grêle. — 1, cardia. — 2, pylore. — 5. artère hépatique. — 11, veine-porte. — 12, canal hépatique. — 13, canal cystique. — 14, vésicule biliaire. — 16, aorte. — 17, veine cave inférieure.

1° Une agglomération de *cellules hépatiques* polygonales, qui sécrètent la bile;

2° Un fin réseau de canalicules biliaires, destinés à collecter et à emmener le liquide sécrété;

3° Un réseau de capillaires sanguins, qui s'abouche à la périphérie avec les branches terminales de la *veine-porte*, amenant le

sang des organes abdominaux, et de l'*artère hépatique*, artère nourricière de l'organe, et qui donne naissance au centre du lobule à une petite veine; l'union des veines de tous les lobules forme la *veine sus-hépatique*, qui sort du foie et se jette dans la veine cave inférieure.

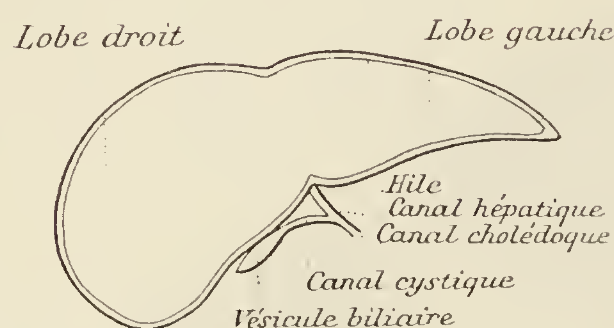


Fig. 234. — Coupe verticale schématique du foie.

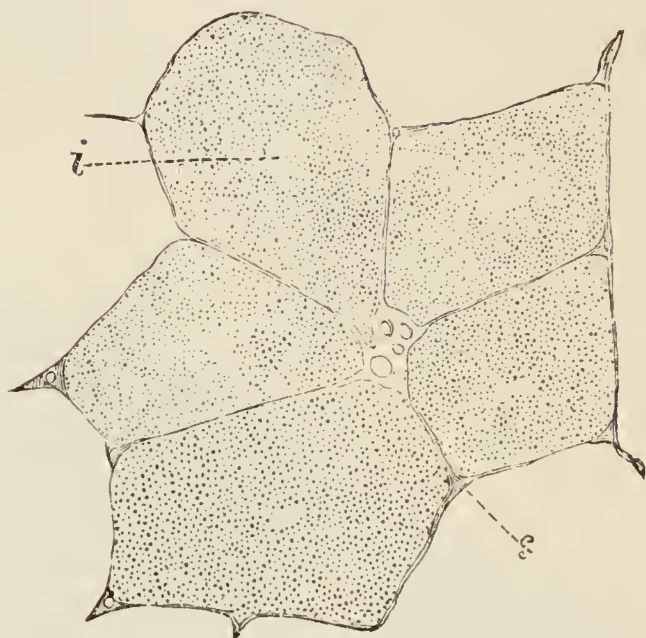


Fig. 235. — Un groupe de cinq lobules hépatiques (Testut, *Anatomie humaine*).

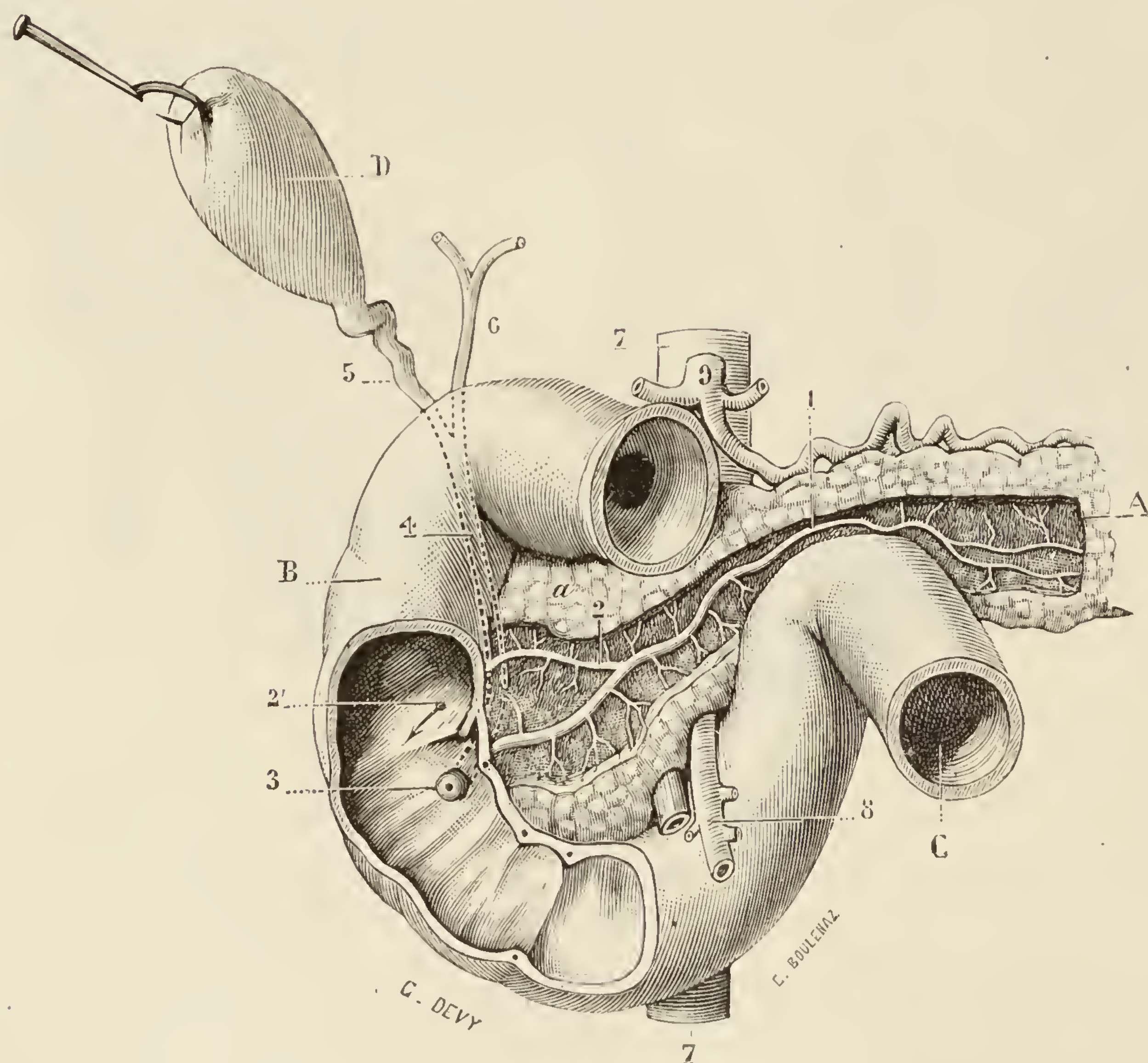


Fig. 236. — Les canaux d'excrétion de la bile et du suc pancréatique (Testut, *Anatomie humaine*).

A, pancréas. — B, duodénum. — C, jéjunum. — D, vésicule biliaire. — 1, 2, 2', canaux excréteurs du pancréas. — 3, terminaison intestinale de 4, canal cholédoque. — 5, canal cystique. — 6, canal hépatique.

b. *Canaux excréteurs*. — L'appareil excréteur comprend:

1° Les *canaux biliaires*, formés par la réunion des canalicules issus de chaque lobule ;

2° Le *canal hépatique*, avec lequel s'abouchent les canaux précédents et qui sort du foie pour se déverser dans la vésicule ;

3° La *vésicule biliaire*, poche membraneuse, formant réservoir pour la bile ;

4° Le *canal cystique* et le *canal cholédoque*, branches de bifurcation du canal hépatique, qui communique par le premier avec la vésicule et par le second avec le duodénum.

CHAPITRE III

PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION

Dans l'acte de la digestion, il se passe deux sortes de phénomènes, les uns *mécaniques*, les autres *chimiques*.

§ 1. — Phénomènes mécaniques

Ce sont des phénomènes moteurs, ayant pour but la progression des aliments dans le tube digestif et leur mélange intime avec les différents sucs digestifs; nous aurons à envisager la *préhension*, la *mastication*, la *déglutition*, les *mouvements de l'estomac*, du *petit* et du *gros intestin*.

A. Préhension. — Les organes de la préhension, placés au-devant de la bouche, varient à l'infini selon le mode de nourriture de chaque être vivant. L'homme porte les aliments solides avec la main aux lèvres, qui les font entrer dans la cavité buccale; les liquides y arrivent par aspiration ou succion, la bouche fonctionnant comme une ventouse.

B. Mastication. — Sous l'action des lèvres, des joues et de la langue, les aliments sont incessamment rejetés sous les arcades dentaires; les incisives les coupent et les canines les déchirent grossièrement, les molaires finissent de les broyer finement. En même temps a lieu l'imprégnation par la salive, permettant leur transformation en une masse molle, que la langue façonne en un *bol alimentaire*.

C. Déglutition. — C'est l'acte par lequel l'aliment passe de la bouche dans l'estomac, à travers le pharynx et l'œsophage. La déglutition est un mouvement réflexe, que nous pouvons à volonté provoquer, mais qu'il nous est impossible d'arrêter, lorsqu'il est en voie d'exécution ; la migration du bol alimentaire comprend trois phases :

a. *Passage à travers l'isthme du gosier.* — La langue s'applique contre le palais et presse d'avant en arrière le bol, qui franchit l'isthme du gosier; celui-ci se ferme aussitôt pour l'empêcher de revenir en arrière.

b. *Passage à travers le pharynx.* — Le bol alimentaire, ne pouvant pas rétrograder, a devant lui trois orifices : l'ouverture postérieure des fosses nasales, qu'obture le soulèvement du voile du palais, venant s'appliquer contre la voûte du pharynx ; l'orifice supérieur du larynx, qui est fermé par l'abaissement de l'épiglotte ; enfin l'orifice œsophagien, qu'un mouvement d'ascension porte au-devant de lui et dans lequel le bol s'engage.

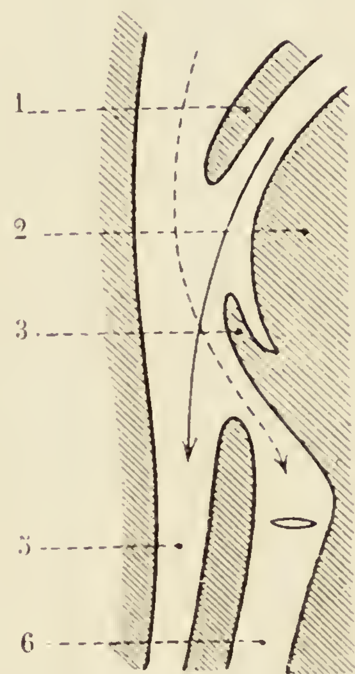


Fig. 237. — Parcours du bol alimentaire pendant la déglutition (Viault et Jolyet. *Physiologie humaine*).
1, luette. — 2, base de la langue. — 3, épiglotte. — 4, œsophage. — 5, larynx.

c. *Passage à travers l'œsophage.* — Le bol alimentaire y chemine sous l'influence des contractions successives des fibres longitudinales, amenant à sa rencontre la portion sous-jacente de l'œsophage et des fibres circulaires, qui le refoulent du haut en bas.

D. Mouvements de l'estomac. — Il est le siège de contractions lentes, qui mélangent les aliments au suc gastrique ; on a admis qu'il se divisait par la contraction des fibres obliques en deux parties, une inférieure, contenant les aliments à digérer sur place, une supérieure formant un canal, par lequel certaines substances iraient directement de l'œsophage dans l'intestin.

Le cardia et le pylore sont constamment fermés par la contraction de leurs sphincters : le premier s'ouvre sous la pression de

chaque bol alimentaire dégluti, le second livre passage par intervalles au produit de la digestion stomacale, le *chyme*.

La digestion dure de 4 à 6 heures dans l'estomac.

E. Mouvements de l'intestin grêle. — Les matières alimentaires cheminent dans l'intestin grêle sous l'influence de contractions rythmiques, qui produisent les *mouvements péristaltiques*; la valvule iléo-cæcale permet le passage des matières dans le gros intestin, mais elle s'oppose à leur reflux.

La durée de la digestion intestinale est de deux heures; lorsqu'elle est achevée, le chyme est transformé en un liquide blanc et laiteux, le *chyle*.

F. Mouvements du gros intestin. — Ils sont de même nature que ceux de l'intestin grêle, et modèlent les déchets de la digestion en un *bol fécal*, qui est éliminé périodiquement par la *défécation*.

§ 2. — Phénomènes chimiques

Ils consistent en une série de modifications, que subissent les diverses catégories d'aliments sous l'influence des sucs digestifs, pour devenir absorbables et assimilables.

Ces sucs digestifs sont la *salive*, le *suc gastrique*, le *suc entérique*, le *suc pancréatique* et la *bile*. D'une manière générale ils sont composés d'eau, de différents sels et de substances particulières, les *ferments solubles*, qui sont les agents actifs de la digestion. Chaque ferment a une action élective sur une catégorie d'aliments et dans un milieu donné, alcalin pour l'un, acide pour l'autre; ils jouissent de la double propriété suivante : le maximum d'effet se produit à la température du corps; une quantité minime de ferment transforme une quantité pour ainsi dire infinie d'aliment.

A la salive est due la *digestion buccale*, au suc gastrique la *digestion stomacale*, au suc entérique, au suc pancréatique et à la bile, la *digestion intestinale*.

A. Digestion buccale. — La *salive* est un liquide opalin, filant et

alcalin, sécrétée continuellement (500 à 1.500 grammes par jour), même pendant le sommeil et surtout abondant au moment des repas. La sécrétion a lieu par un acte réflexe, comme le mouvement réflexe : il a pour point de départ le contact des aliments avec la muqueuse buccale, mais au lieu d'une contraction musculaire, le réflexe provoque une sécrétion glandulaire.

Le ferment, auquel la salive doit son activité, est la *ptyaline* : elle effectue la saccharification des féculents, en les transformant par hydratation en glucose. On peut étudier cette transformation, en mettant de la farine cuite en contact avec de la salive dans un tube à essai, maintenu dans un milieu chauffé à environ 35°.

B. Digestion stomacale. — Le suc gastrique est limpide, incolore et fortement acide; il renferme de l'acide chlorhydrique (1 à 2 pour 1.000), auquel il doit sa réaction, et deux ferments solubles. la *pepsine* et la *présure*. La première, préparée industriellement, a l'aspect d'une poudre jaune, soluble dans l'eau; la seconde possède la propriété de cailler instantanément le lait.

Son rôle physiologique, dû à la pepsine, consiste dans la transformation d'une partie des matières albuminoïdes en peptones solubles, absorbables et assimilables. On étudie l'action du suc gastrique au moyen de la *digestion artificielle*, en mettant dans un récipient, maintenu à l'étuve à 38°, de la viande, du lait ou du blanc d'œuf avec du suc gastrique, extrait de l'estomac d'un animal [1]. La pepsine n'agit qu'en milieu acide et transforme des quantités illimitées d'albumine en peptone, à condition qu'on élimine celle-ci au fur et à mesure de sa production; mais la pauvreté ou la richesse du suc gastrique en acide ralentit ou active la peptonisation [2].

C. Digestion intestinale. — Elle se limite à l'intestin grêle, où elle

[1] Pour cela il faut inciser la paroi de l'abdomen et celle de l'estomac et introduire par l'orifice ainsi obtenu une canule, par laquelle s'écoule le suc gastrique.

[2] Cela explique la lenteur de la digestion dans certaines variétés de dyspepsie, où il y a diminution d'acidité, et au contraire sa rapidité chez les dyspeptiques, dont le suc gastrique est trop acide.

est particulièrement active dans la portion supérieure, qui élabore le *suc entérique* et dans laquelle se déversent le *suc pancréatique* et la *bile;* dans le gros intestin il n'y a plus de transformation sous l'influence des sucs digestifs, mais les nombreux micro-organismes, que renferme la dernière portion du canal alimentaire, paraissent jouer un grand rôle dans les modifications ultimes des résidus de la digestion. Contrairement au milieu gastrique, qui est acide, la digestion intestinale s'effectue dans un milieu alcalin.

a. *Suc entérique.* — Il contient un ferment, l'*invertine*, qui agit sur le premier groupe des hydrocarbonés, les sucres, et les transforme par hydratation en glucose.

b. *Suc pancréatique.* — Il se présente sous forme d'un liquide épais et incolore, qui s'altère rapidement à l'air.

Son action est complexe, car il renferme trois ferments, l'*amylopsine*, la *trypsine* et la *lipase*.

L'amylopsine est analogue à la ptyaline et continue l'action saccharifiante de celle-ci sur les féculents, dont elle achève la transformation en glucose.

La trypsine est préparée industriellement avec le pancréas des animaux et a l'aspect d'une poudre blanchâtre; elle termine en milieu alcalin la peptonisation des albuminoïdes, commencée en milieu acide par la pepsine.

La lipase provoque l'émulsion et la saponification des corps gras; en agitant un peu d'huile avec du suc pancréatique, on obtient une émulsion persistante.

En somme, le suc pancréatique continue l'action de la salive sur les féculents, celle du suc gastrique sur les albuminoïdes et il transforme également les graisses.

c. *Bile.* — La bile est un liquide transparent, filant, de saveur amère, de couleur jaune; au contact de l'air, elle s'altère et devient verte.

La bile émulsionne et saponifie les graisses, dont les acides gras mettent en liberté la glycérine absorbable et se combinent

aux bases des sels biliaires, pour former des savons alcalins solubles et assimilables. Lorsque, chez un chien, on fait écouler la bile au dehors, en introduisant une canule dans le canal cholédoque, une grande partie des graisses ingérées est éliminée par la défécation.

En résumé, à l'exception des principes minéraux, toutes les catégories d'aliments, en subissant l'action successive des différents sucs digestifs, se transforment chimiquement, de manière à donner des substances absorbables et assimilables, c'est-à-dire solubles, capables de passer dans la circulation à travers la paroi du tube digestif et d'être utilisées pour la nutrition; le tableau suivant récapitule ces transformations :

Aliments à transformer.	Agents transformateurs.	Produits de transformation.
Aliments ternaires. — Hydrocarbonés. — Sucres.	Invertine du suc entérique.	Glucose.
Aliments ternaires. — Hydrocarbonés. — Féculents.	Ptyaline de la salive. Amylopsine du suc pancréatique.	Glucose.
Aliments ternaires. — Corps gras.	Lipase du suc pancréatique. Bile.	Graisse émulsionnée. Savons alcalins solubles.
Aliments albuminoïdes.	Pepsine du suc gastrique. Trypsine du suc pancréatique.	Peptones.

La digestion buccale commence la transformation des féculents, la digestion stomacale, celle des albuminoïdes; la digestion intestinale achève ces deux transformations et agit sur les sucres, ainsi que sur les corps gras.



CHAPITRE IV

ABSORPTION ALIMENTAIRE

L'absorption consiste dans le passage des produits assimilables de la digestion à travers la paroi du tube alimentaire; dans son épaisseur, ils sont recueillis par le sang et la lymphe, chargés de les emporter dans la profondeur des tissus. Lorsque l'action des sucs digestifs sur les aliments est achevée, le tube digestif renferme une dissolution de sels, de glucose et de peptones et des graisses émulsionnées, formant le chyle; toutes les substances assimilables, que celui-ci contient, sont absorbées par la paroi du canal alimentaire, en particulier de l'intestin, dont les valvules conniventes et les villosités augmentent considérablement la surface de contact; elles passent ensuite dans les réseaux des capillaires sanguins et des chylifères, si abondants dans les villosités intestinales. Nous allons voir comment et par quelle voie se fait cette absorption pour chaque produit de la digestion.

§ 1. — Mode d'absorption

A. Eau et principes minéraux. — Leur absorption se fait, sans élaboration spéciale, dans tout le tube digestif; elle est facile et rapide.

B. Hydrocarbonés. — Les sucres et les féculents sont absorbés à l'état de glucose et leur absorption a lieu surtout dans l'intestin grêle.

C. Corps gras. — C'est encore l'intestin grêle, qui est le siège

exclusif de l'absorption des corps gras ; ils traversent la paroi intestinale, partie sous forme de savons solubles, partie à l'état d'émul-

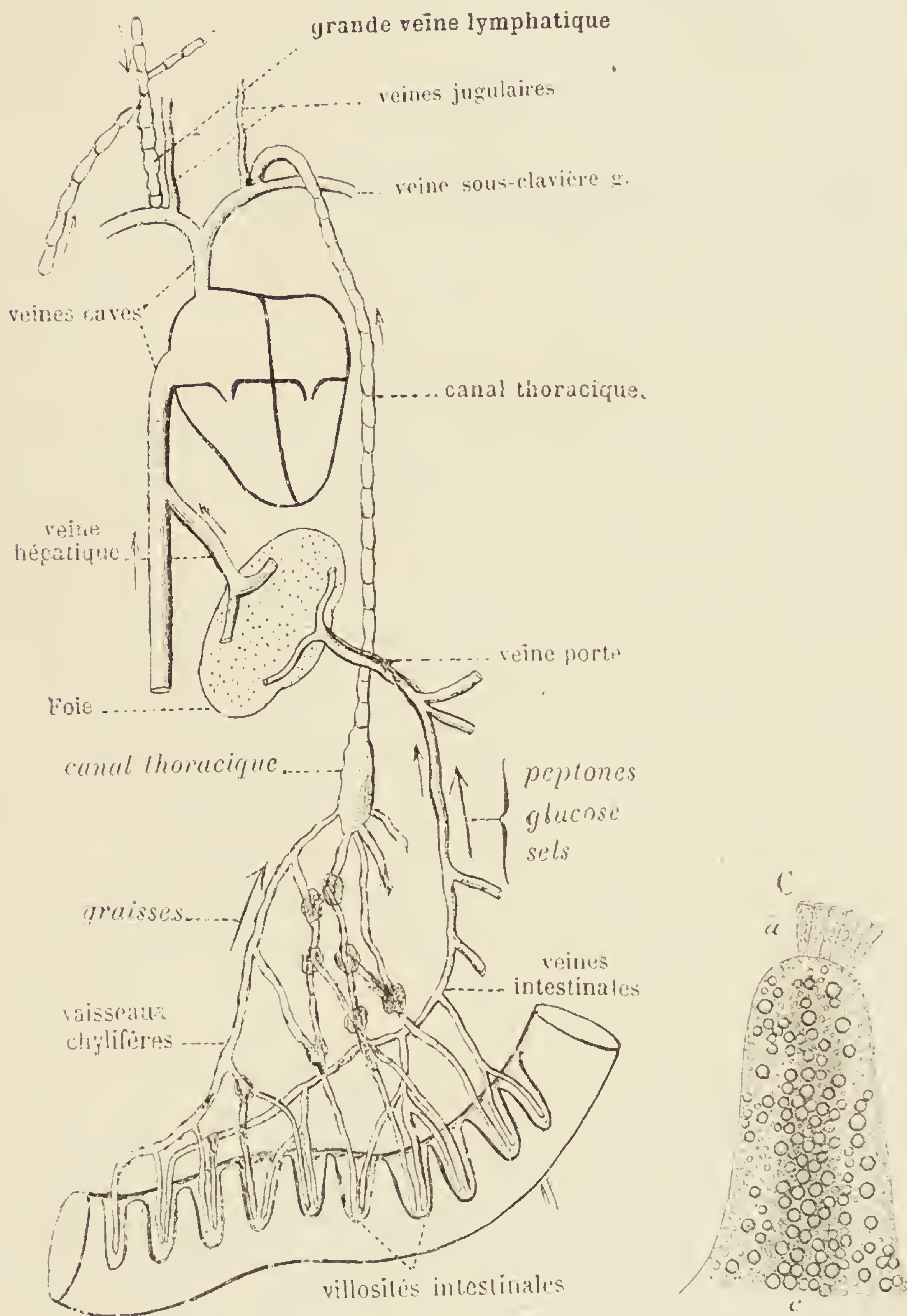


Fig. 238. — Schéma montrant les voies d'absorption des produits de la digestion (Pizon, *Anatomie animale*).

C, villosité intestinale infiltrée de corpuscules graisseux.

sion. Lorsqu'on examine cette paroi intestinale chez un animal sacrifié en pleine digestion, on voit les villosités infiltrées de particules graisseuses très fines, qui se collectent dans les vaisseaux chylifères.

D. ALBUMINOÏDES. — Ils sont absorbés sous forme de peptones, dès le commencement de leur production dans l'estomac; l'absorption se continue dans l'intestin grêle et se termine dans le cæcum.

§ 2. — VOIES D'ABSORPTION

Elles sont au nombre de deux, les *capillaires sanguins* et les *chylifères*, qui, comme nous l'avons dit, ne sont autre chose que des vaisseaux lymphatiques.

A. RÔLE DES CAPILLAIRES SANGUINS. — Ils sont chargés de recueillir l'eau, les sels, le glucose et les peptones; tous ces produits sont charriés par la veine-porte au foie, qu'ils traversent avant de passer dans la circulation générale. Cette disposition particulière a sa raison d'être : le foie est, en effet, chargé de retenir et de mettre en réserve le glucose, qu'il transforme par un phénomène de déshydratation en un produit analogue à l'amidon et appelé *glycogène;* cette substance, retransformée en glucose, est livrée à nouveau à la circulation au fur et à mesure des besoins de l'organisme. Le foie remplit donc deux rôles bien distincts et absolument indépendants l'un de l'autre : il sécrète la bile et il exerce la *fonction glycogénique*.

B. RÔLE DES CHYLIFÈRES. — Ils constituent la voie d'absorption de la graisse, ainsi que le montre l'examen du mésentère au cours de la digestion : ses lymphatiques se dessinent en blanc et sont gorgés de particules graisseuses; les chylifères déversent leur contenu dans le canal thoracique.

En somme, les produits absorbés par la voie sanguine n'arrivent à la circulation générale qu'indirectement, après avoir traversé le foie; ceux, qui passent par la voie lymphatique, s'y rendent, au contraire, directement.

IV

NUTRITION PROPREMENT DITE

La circulation, la respiration et la digestion sont des fonctions préparatoires de la nutrition proprement dite ; celle-ci a pour but d'entretenir la vie des éléments cellulaires, de réparer leurs pertes, de contribuer à leur accroissement et à leur régénération. Elle comprend deux actes, l'*assimilation*, qui consiste dans l'apport des matériaux nutritifs et leur incorporation aux tissus, la *désassimilation*, qui englobe leur utilisation et l'élimination de leurs produits de déchets ; après avoir étudié ces deux phénomènes, nous nous arrêterons à la *chaleur animale*, qui est la manifestation vitale de la nutrition cellulaire.

§ 1. — Assimilation

Le transport des matériaux nutritifs est assuré par le sang : lorsqu'ils sont en contact avec les tissus, les uns sont mis en réserve, les autres subissent une modification spéciale et deviennent partie intégrante de l'organisme.

A. Rôle nourricier du sang. — Le sang est le centre de tous les phénomènes de nutrition ; quand on lie l'artère principale d'un membre, celui-ci se gangrène.

Le sang reçoit de l'extérieur l'oxygène, mis à sa portée par la respiration, et les matières assimilables, fournies par la digestion, et il les transporte dans la profondeur des tissus : les globules rouges charrient l'oxygène, le sérum contient l'eau, les sels minéraux, le glucose, les albuminoïdes et les corps gras. Dans les

capillaires, les globules rouges abandonnent leur oxygène, le sérum et les globules blancs quittent l'appareil circulatoire, comme nous l'avons vu, et vont mettre tous ces matériaux à la disposition des éléments cellulaires ; ceux-ci se trouvent ainsi constamment plongés dans le liquide sanguin, qui les imbibe et que, pour cette raison, on a nommé *milieu intérieur* ou *vital*.

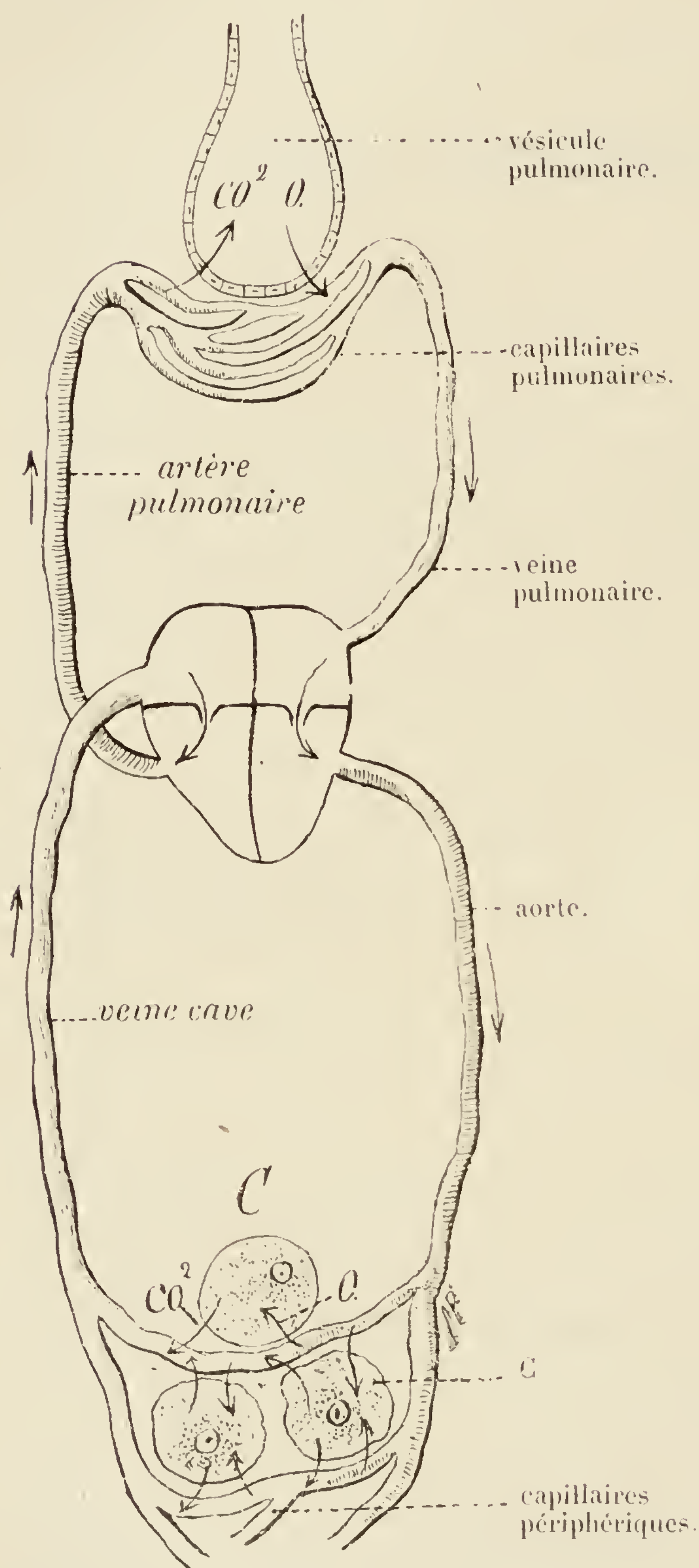


Fig. 239. — Représentation schématique des phénomènes d'assimilation et de désassimilation. (Pizon, *Anatomie animale*).

C, trois cellules quelconques de l'organisme.

La composition du sang est la même dans tout le corps, mais les besoins des divers tissus ne sont pas identiques : chacun choisit l'élément, qu'il lui faut, et le prélève dans la proportion voulue sur le milieu intérieur ; la cellule nerveuse a une prédilection pour les albumines, le tissu osseux pour les sels de chaux.

Pour un organe donné, la consommation est en proportion de son activité ; un muscle, qui se contracte, consomme trois fois plus qu'au repos. C'est le système nerveux, qui règle l'apport des principes nutritifs, selon les besoins de chaque élément, en augmentant ou en diminuant l'afflux de sang par l'intermédiaire de la contractilité artérielle.

B. Réserve organique. — Si, pour les tissus, le besoin de réparation n'est pas continu et n'a pas toujours la même intensité, d'un autre côté la richesse du sang en aliments n'est pas constamment égale ; après la digestion,

par exemple, ceux-ci circulent plus abondamment qu'à jeun. Aussi les principes momentanément en excès sont-ils mis de côté ; de même que l'amidon s'accumule dans le tubercule de la pomme de terre, pour servir de nourriture à la plante future, de même la graisse en excès est mise en réserve sous la peau, le glucose dans le foie, sous forme de glycogène, et dans les muscles, sous forme de sucre musculaire; la restitution se fait de nouveau au fur et à mesure des besoins de l'organisme[1].

Inversement, qu'un élément nutritif vienne à faire défaut, l'organisme peut le fabriquer aux dépens des autres; lorsque le glucose manque, notre intérieur le renouvelle par oxydation incomplète des corps gras ou encore par transformation des albuminoïdes; de même la graisse peut provenir de la transformation des aliments ternaires[2].

C. Adaptation vitale. — Les substances, qui vont entrer dans la trame des organes, subissent une transformation, dont nous ne connaissons pas la nature, et qui a pour but d'en faire de la matière vivante; c'est ainsi que les albuminoïdes, absorbés sous forme de peptones, donnent la globuline des globules sanguins et la myosine des muscles; cette dernière, à son tour, devient la substance contractile de la fibre musculaire.

§ 2. — Désassimilation

Après avoir été incorporés par les éléments cellulaires, les produits assimilés subissent l'usure fonctionnelle des organes et donnent naissance à des déchets, qui sont éliminés par le sang et rejetés au dehors par l'excrétion. De même que l'assimilation, la désassimilation est continue, puisque l'activité de l'organisme est ininterrompue.

A. Respiration interne. — L'usure des produits d'assimilation se réduit, en principe, à une combustion, c'est-à-dire à leur com-

[1] C'est aux dépens de leurs réserves que vivent les animaux hibernants pendant leur sommeil.

[2] Les tissus de carnivores, se nourrissant exclusivement de viande, renferment du sucre et on engraisse les volailles, en les gavant avec des matières féculentes.

binaison avec l'oxygène, puisé dans le sang ; suspendons un muscle sous une cloche remplie d'oxygène : au bout d'un certain temps, l'analyse révèlera une diminution de ce gaz, dont une partie a été remplacée par de l'acide carbonique.

Les aliments ternaires sont brûlés sous forme de glucose et donnent, comme résidus, de l'acide carbonique et de l'eau; les corps gras laissent les mêmes produits ultimes ; parmi ceux, auxquels donne naissance l'oxydation des albuminoïdes, il faut citer, outre l'acide carbonique et l'eau, l'urée et l'acide urique.

On voit que les phénomènes intimes de la désassimilation donnent lieu, entre les tissus et le sang, à des échanges analogues à ceux, qui se passent dans le poumon : pour cette raison, on les désigne sous le nom de respiration interne.

Nous savons que ces oxydations sont l'origine de l'énergie musculaire, de la chaleur et du travail, qui en résultent ; le muscle brûle exclusivement le glucose, mais quand cet aliment est épuisé, ainsi que ses réserves, la combustion s'attaque à la trame du muscle lui-même, à la substance contractile de sa fibre.

B. Rôle éliminateur du sang. — L'accumulation des déchets deviendrait rapidement nuisible pour les éléments cellulaires ; le sang se charge encore de leur élimination, concurremment avec la lymphe. Ils emportent ces produits, dissous dans le sérum, qui est dilué par l'eau et ils s'en débarrassent dans certains organes, destinés à les évacuer au dehors.

C. Excrétion. — L'excrétion des substances, devenues impropres à la vie, se fait par les *poumons*, les *reins*, la *peau*, l'*intestin* et le *foie*.

a. *Élimination par les poumons.* — Le liquide sanguin abandonne dans l'appareil respiratoire, comme nous l'avons vu, de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

b. *Elimination par les reins.* — Les reins sont deux organes en forme de haricots, situés à la partie postérieure et supérieure de la cavité abdominale, de chaque côté de la colonne lombaire; ils sécrètent l'*urine*.

Sur les deux faces concaves, qui se regardent, les reins présen-

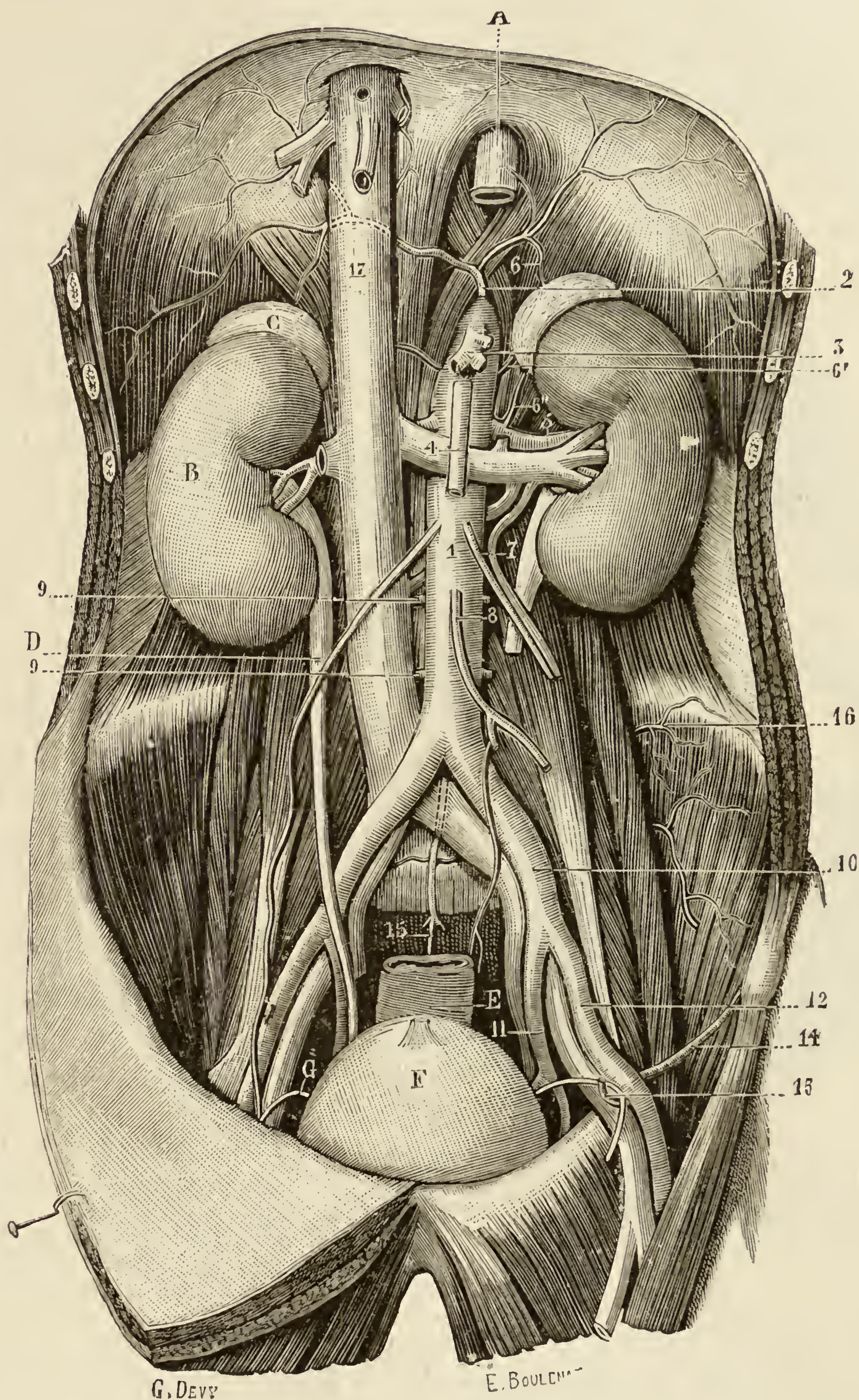


Fig. 240. — Emplacement de l'appareil urinaire dans la cavité abdominale (Testut, *Anatomie humaine*).

B, rein droit avec D, son uretère, débouchement dans la vessie, F. — A, œsophage. — E, rectum. — 1, aorte avec 2 à 9, ses branches abdominales. — 5, artère rénale. — 10, iliaque primitive. — 11, iliaque interne. — 12, iliaque externe avec 13, 14, ses branches. — 17, veine cave inférieure.

tent une dépression, le *hile*, par lequel pénètrent l'artère et la veine

rénales, ainsi qu'un canal membraneux, gros comme une plume d'oie, l'*uretère*.

La coupe longitudinale d'un rein montre la substance propre de l'organe disposée à la face convexe, tandis qu'en dedans du hile est placée une cavité, le *bassinet*, auquel fait suite l'uretère, chargé de conduire le liquide excrété dans un réservoir musculeux, la *vessie*, située derrière le pubis; la vessie se vide périodiquement au dehors par l'*urèthre*.

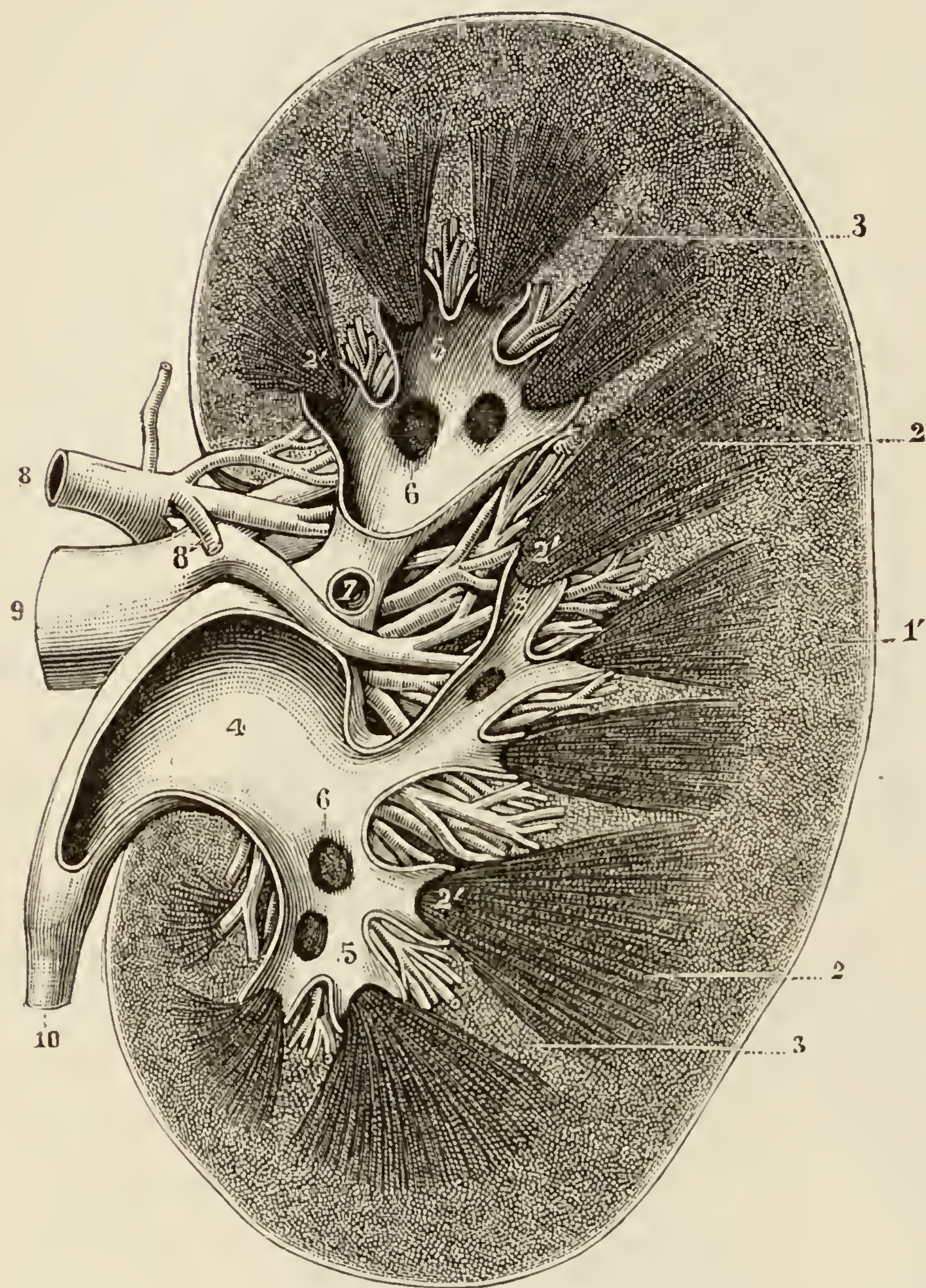


Fig. 241. — Structure du rein (Testut, *Anatomie humaine*).
1, 2, 2', 3, substance propre du rein excrétant l'urine. — 4, 5, 6, cavité du bassinet collectant l'urine. — 8, 8', artère rénale. — 9, veine rénale. — 10, uretère.

L'urine est un liquide jaune, acide, dont la quantité émise varie chez l'adulte de 1.000 à 1.500 grammes par jour; elle est composée d'eau (96 p. 100), tenant en dissolution des sels minéraux, de l'urée et de l'acide urique; ces deux derniers produits, que le rein extrait du sang, constituent les résidus de l'oxydation des albuminoïdes organiques. Elle renferme, en outre, des principes toxiques encore peu connus, mais dont l'existence est démontrée par l'expérimentation : lorsqu'on injecte de l'urine dans les veines d'un animal bien portant, celui-ci succombe avec toutes les apparences d'un empoisonnement ; il en est de même, quand on extirpe les deux reins ou quand une altération les rend incapables d'épurer le sang.

c. *Élimination par la peau.* — La peau forme un revêtement à toute la surface du corps; elle ne remplit pas seulement une fonction d'excrétion, mais elle est également le siège d'un sens, le *toucher*, et constitue à l'organisme un organe de protection.

Lorsqu'on examine au microscope une coupe transversale du

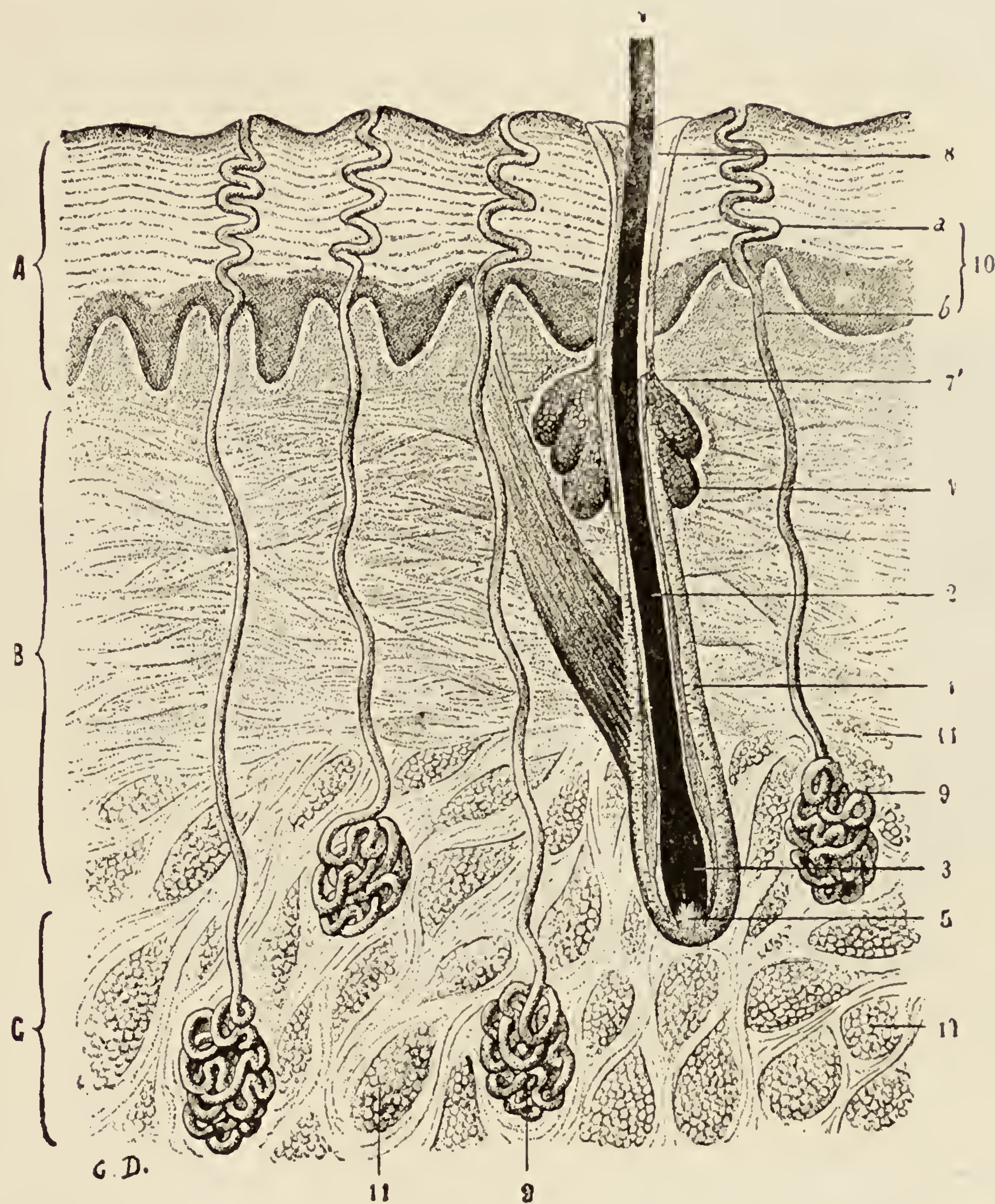


Fig. 242. — Coupe transversale de la peau (Testut *Anatomie humaine*).

A, épiderme. — B, derme. — C, tissu adipeux.
1 à 5, un poil. — 7, glande sébacée avec 7', son canal excréteur s'ouvrant dans la gaine du poil, 8. — 9, glande sudoripare avec 10, son canal excréteur. — 11, paquets de graisse.

tégument, on distingue deux couches, une profonde, le *derme*, relié au corps par une nappe de graisse plus ou moins abondante, et une superficielle, l'*épiderme*, formant un revêtement sec et dur, corné par endroits et portant les poils et les ongles. Dans l'épaisseur de la peau sont situées les *glandes*, organes d'excrétion, et les *papilles*, organes du toucher.

Les glandes sont de deux espèces, les *glandes sébacées* et les

glandes sudoripares. Les premières ont la forme de petites grappes de raisin et s'ouvrent par un conduit à la base des poils. Les glandes sudoripares, au nombre de deux millions, sont répandues dans toutes les régions du corps; elles ont la forme de longs tubes, dont l'extrémité profonde plonge dans le derme et se pelotonne sur elle-même, tandis que l'extrémité superficielle s'ouvre à la peau par de petits orifices, qui sont particulièrement nombreux à la paume de la main et à la plante du pied, où ils sont rangés dans des sillons réguliers et parallèles.

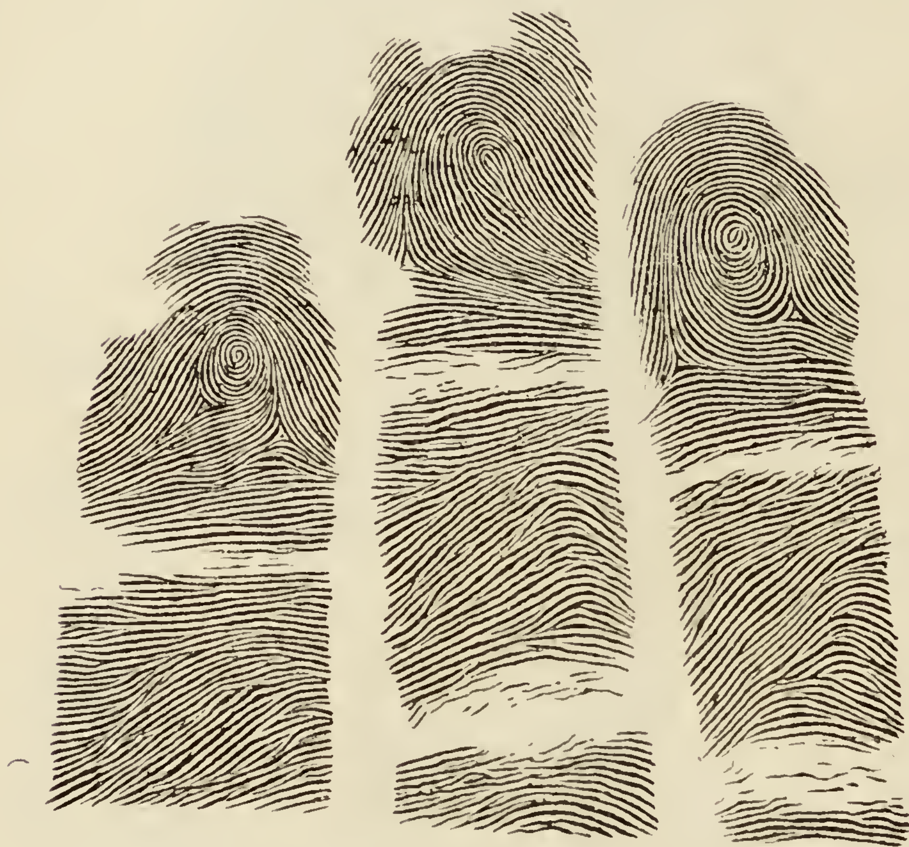


Fig. 243. — Empreinte de doigts (Langlois et de Varigny, *Physiologie*).

Les lignes blanches représentent les sillons dans lesquels débouchent les glandes sudoripares; les lignes noires correspondant aux crêtes papillaires.

Les papilles ont leur plus grand développement à la main, qui est spécialement affectée au sens du tact; elles y forment une série de lignes surélevées, placées entre les sillons des glandes sudoripares. Elles renferment de petits corps ovoïdes, les *corpuscules du tact*, situés entre le derme et l'épiderme et recevant chacun un filet nerveux sensitif.

Les glandes sébacées sécrètent une matière huileuse, qui lubréfie la peau, l'empêche de se mouiller et la protège contre le froid; lorsque le corps est en contact prolongé avec l'eau, quand on prend un bain par exemple, la peau n'est imbibée qu'aux endroits où ces glandes font défaut, c'est-à-dire à la paume de la main et à la plante du pied.

La sueur, sécrétée par les glandes sudoripares, est un liquide incolore, composé d'eau (99 p. 100), tenant en dissolution du chlorure du sodium, un peu d'urée et des produits volatiles, qui lui donnent son odeur caractéristique; la quantité excrétée en vingt-

quatre heures est en moyenne d'un kilogramme, mais elle varie avec la température extérieure ou selon que l'homme est en exercice ou au repos. L'expérimentation a encore prouvé l'importance de l'excrétion cutanée : l'animal, dont on imperméabilise la peau par une couche de vernis, succombe dans des convulsions engendrées par les produits toxiques, qui ne peuvent plus s'éliminer. La transpiration balance l'excrétion urinaire : tout le monde sait que

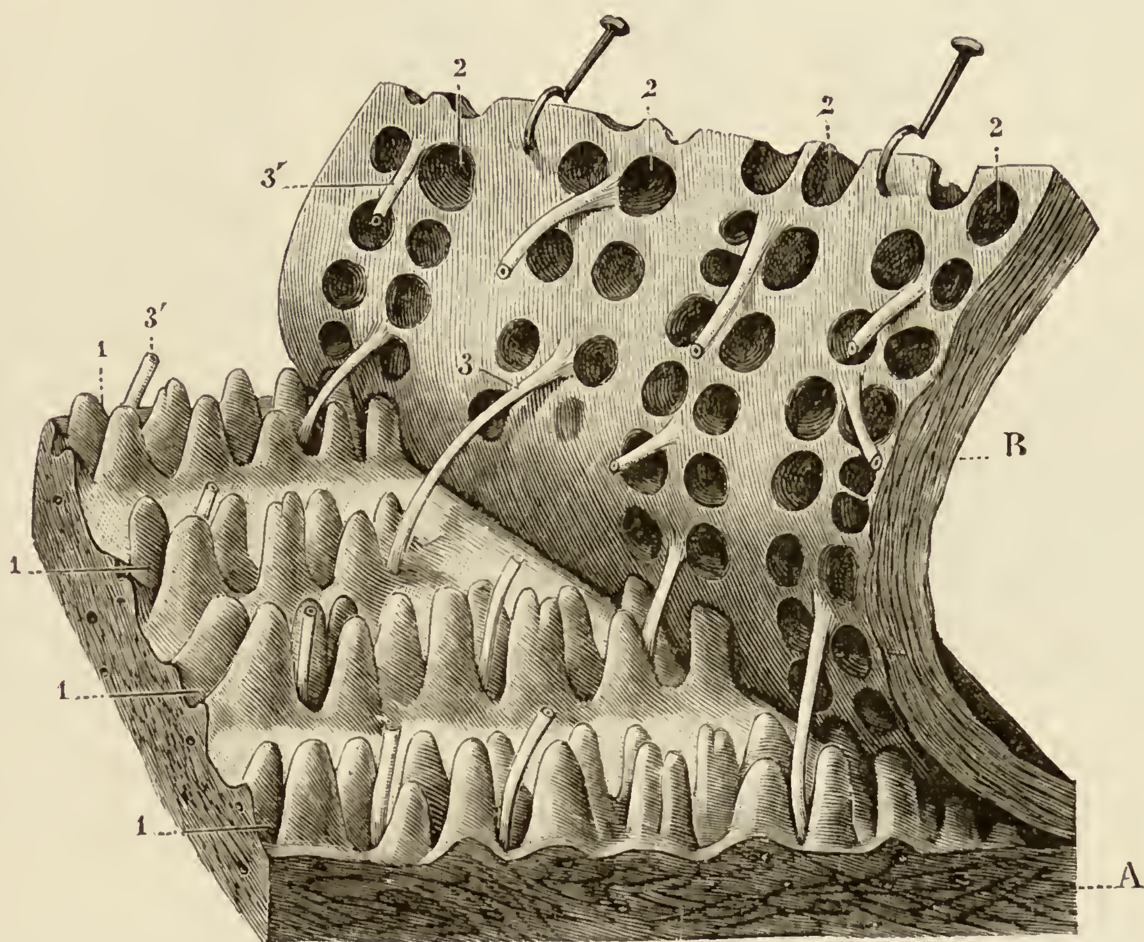


Fig. 244. — Épiderme séparé du derme par macération et laissant voir les papilles (Testut, *Anatomie humaine*).

A, derme. — B, épiderme.
1, 1, 1, papilles disposées en rangées. — 2, 2, 2, dépressions de l'épiderme correspondant aux papilles. — 3, 3', canaux d'excrétion des glandes sudoripares.

les urines sont plus abondantes en hiver qu'en été, où une grande partie de l'eau, qui dilue le sang, s'élimine de préférence par la peau.

d. *Élimination par l'intestin et le foie.* — En raison de l'encombrement de l'intestin par les résidus de la digestion, il est difficile de préciser sa participation à l'excrétion des déchets organiques. L'observation permet toutefois d'affirmer ce mode d'élimination : lorsqu'un travail exagéré augmente les produits de désassimilation, il survient fréquemment de la diarrhée, témoignant de la

suractivité excrétrice de l'intestin ; le même fait se constate chez les malades, dont l'excrétion urinaire est entravée, parce que l'intestin supplée le rein. Le foie est un lieu de destruction des globules rouges : la matière colorante de la bile dérive, en effet, de l'hémoglobine ; il déverse, en outre, avec la bile, dans le canal intestinal les résidus provenant de la combustion des albumines

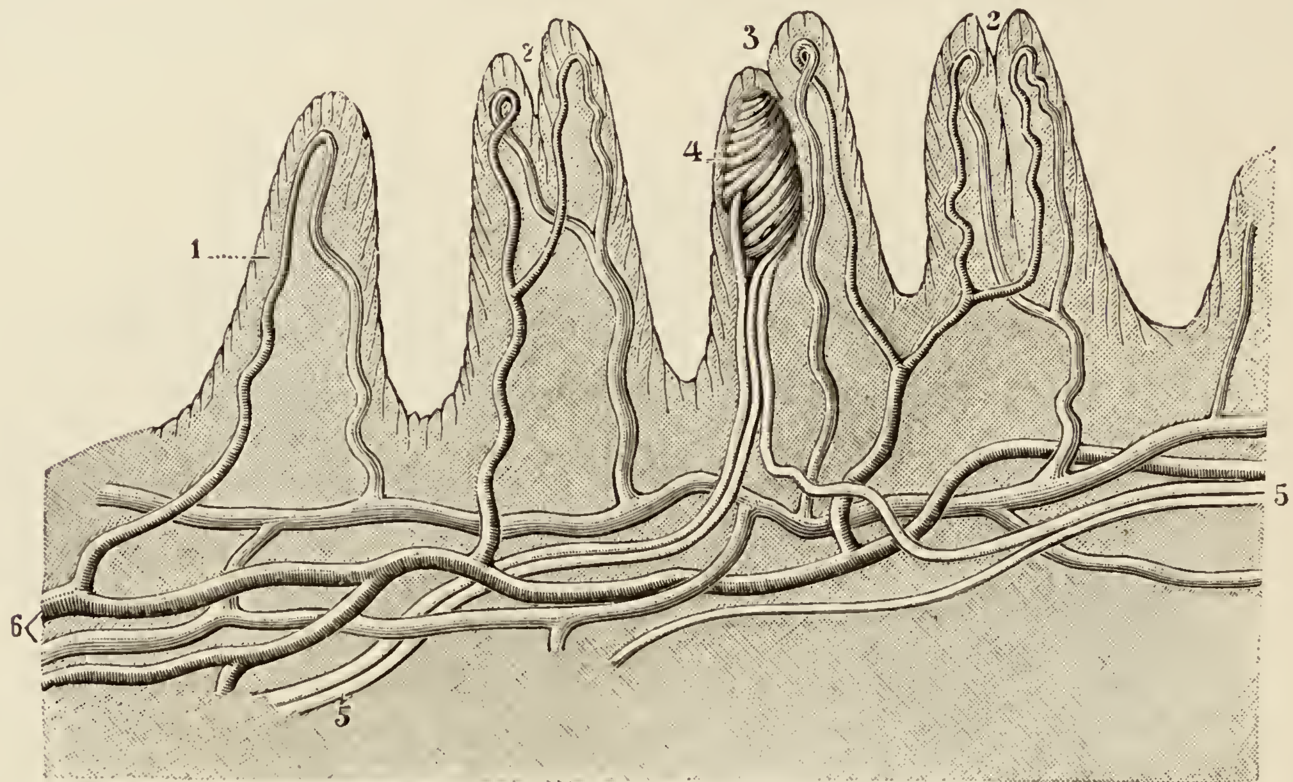


Fig. 245. — Papilles fortement grossies et un corpuscule du tact (Testut, *Anatomie humaine*).
1, 2, papilles ne renfermant que des vaisseaux. — 3, papille avec 4, corpuscule du tact. — 5, filet nerveux se rendant au corpuscule. — 6, réseau sanguin.

et des graisses ; lorsque le travail d'élimination par la double voie intestinale et hépatique devient insuffisant, on voit se produire des accidents d'intoxication analogues à ceux, qui sont consécutifs à la dépuration rénale incomplète.

§ 3. — Chaleur animale

Les combustions organiques ont pour résultat la production de la chaleur indispensable à la vie ; mais la chaleur se perd au fur et à mesure qu'elle se produit : entre les *sources de calorique* et les *causes de déperdition* existe un balancement constant, qui a pour résultat la *régulation de la température* du corps.

A. Sources de chaleur. — Le principal lieu de production de la chaleur est le tissu musculaire, puisqu'il entre pour la moitié

dans le poids du corps; aussi la quantité de chaleur produite est-elle proportionnelle au degré d'activité des muscles. Le sang assure la répartition du calorique dans le corps [1].

B. Causes de déperdition. — L'organisme produisant sans cesse de nouvelles quantités de chaleur, notre température s'élèverait indéfiniment, si une partie ne disparaissait au fur et à mesure par l'échauffement de l'air inspiré, des aliments et des boissons ingérés et, en particulier, par le *rayonnement* et la *transpiration*.

Le rayonnement par la surface cutanée, qui a 1 mètre carré 1/2, est en rapport, d'une part, avec la quantité de chaleur accumulée dans l'organisme et, d'autre part, avec l'écart entre la température extérieure et celle de notre corps; il devient donc d'autant plus grand que le milieu ambiant est plus froid et inversement. Notre température pourrait, dans ces conditions, s'abaisser ou s'élever au delà des limites compatibles avec la vie, si nous n'avions pas en notre possession le moyen de régler ce rayonnement. Sous l'influence du ralentissement des combustions internes, ou sous celles du froid extérieur, les vaisseaux cutanés, grâce à leur contractilité, se resserrent et diminuent, au profit des organes profonds, la circulation du sang dans la peau : la quantité de chaleur émise par la surface du corps est ainsi atténuée. Au contraire l'exaltation des combustions organiques ou la chaleur extérieure provoquent une dilatation des mêmes vaisseaux : le sang afflue, la peau rougit et l'émission du calorique est augmentée. Cette régulation du rayonnement cutané est sous la dépendance du système nerveux, qui préside à la contractilité artérielle.

La transpiration agit parallèlement au rayonnement pour contribuer à la déperdition de chaleur par la surface du corps ; que la température extérieure vienne à s'élever ou que l'accumulation du calorique dans notre organisme, à la suite d'un exercice prolongé par exemple, menace de devenir dangereuse, la sudation entre en

[1] Le système vasculaire n'est pas sans analogie, sous ce rapport, avec un calorifère à circulation d'eau chaude, dont les muscles formeraient le foyer central.

jeu et produit la réfrigération par une action comparable à celle du drap mouillé, qui enveloppe le bidon du soldat. C'est également le système nerveux, qui règle le moment et le degré d'intervention de la sécrétion sudorale.

C. Régulation de la température. — La production et la perte de calorique se balancent toujours dans notre corps, de manière à lui assurer une température à peu près constante.

Ainsi nous luttons contre le froid à la fois par une augmentation dans la production et une diminution dans la déperdition de notre chaleur. On a constaté depuis longtemps que l'abaissement de la température extérieure stimule l'appétit et accélère la respiration, en raison de l'exagération des combustions internes [1]; on se livre à un exercice violent, pour se réchauffer, parce que les muscles représentent la principale source de calorique. La matière sébacée, qui couvre la peau, et le tissu adipeux, qui la double, atténuent la déperdition de chaleur, la graisse étant un corps mauvais conducteur pour cette dernière; le rayonnement est réduit au minimum par le resserrement des vaisseaux cutanés; artificiellement nous contribuons encore au même résultat, en nous couvrant d'étoffes épaisses, qui emprisonnent une couche d'air mauvaise conductrice et qui remplacent le revêtement naturel de poils et de plumes des animaux et des oiseaux.

La lutte contre l'excès de chaleur, qu'elle soit d'origine intérieure ou extérieure, consiste dans la diminution des oxydations organiques et l'augmentation des pertes de chaleur. En été, les fonctions digestives et la respiration sont ralenties; la chaleur des pays tropicaux réduit l'activité musculaire et prédispose à la paresse. Par contre, quand on a chaud, l'émission du calorique atteint son degré le plus élevé par le rayonnement, que favorise la dilatation des vaisseaux périphériques, et par la transpiration; nous la favorisons encore par le port de vêtements légers, de cou-

[1] Pour ce motif, les habitants des pays froids ont une prédilection pour les aliments riches en graisses, parce que celles-ci, en brûlant, dégagent une grande quantité de chaleur.

leur claire, le blanc protégeant le mieux notre corps contre la chaleur extérieure.

L'équilibre entre la production et la perte de calorique se traduit par une température, qui est en moyenne de 37° sous l'aisselle, mais elle s'élève d'autant plus, qu'on s'éloigne davantage de la surface du corps et atteint son maximum dans le foie, où elle est de 40°,5.

FONCTION D'INNERVATION

SYSTÈME NERVEUX

Le système nerveux constitue un lien anatomique et physiologique entre tous les éléments de l'organisme et préside à l'harmonie de toutes les fonctions : il assure la vie de relation avec le monde extérieur, en percevant les sensations et en provoquant les mouvements ; il règle la vie de nutrition, dont il coordonne les fonctions, il est le siège de la vie intellectuelle, englobant la conscience, la mémoire et la volonté.

Il est formé par une réunion d'organes, dont nous étudierons d'abord les *éléments constitutifs*, puis l'*anatomie* ; nous nous occuperons ensuite de la *physiologie* du système nerveux et nous appliquerons les notions acquises à l'explication de ses *relations avec les diverses fonctions* de l'organisme.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DU SYSTÈME NERVEUX

Le système nerveux de l'homme est essentiellemen constitué par un ensemble de *centres*, résultant eux-mêmes du groupement d'éléments primitifs, les *cellules nerveuses* ; les divers centres sont en rapport entre eux et avec les différentes parties du corps au moyen de faisceaux, composés par une réunion de *fibres nerveuses* ; l'ensemble d'une cellule et d'une fibre constitue le *neurone*. Lorsque nous connaîtrons ces éléments constitutifs, nous aurons à envisager leur *origine*, leur *développement* et leur *systématisation*.

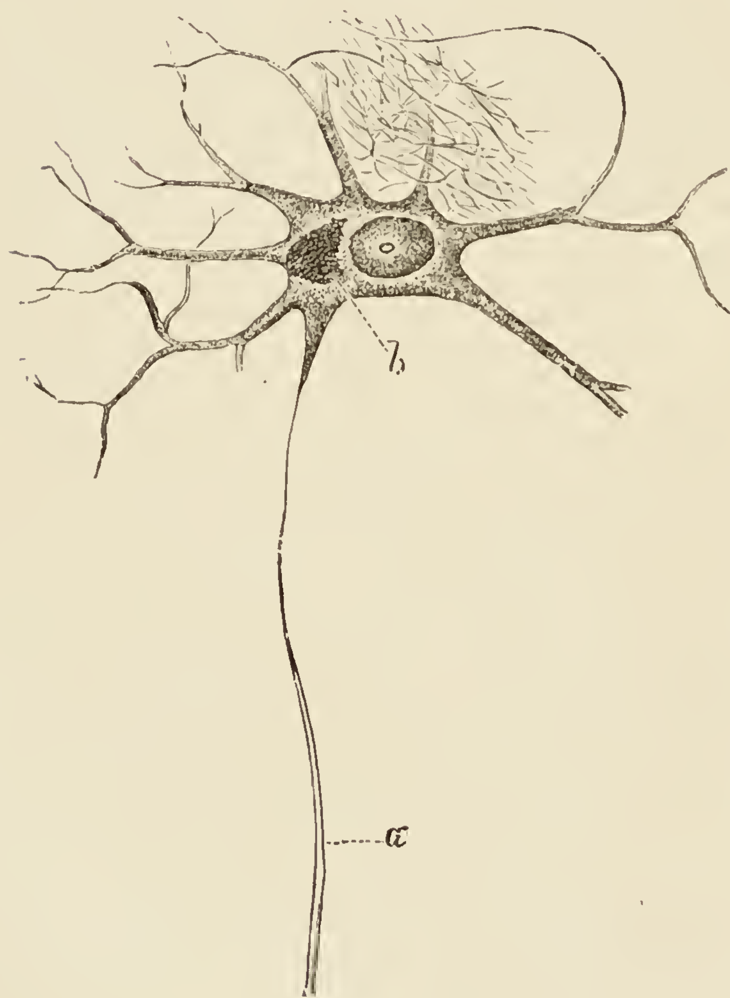


Fig. 246. — Cellule nerveuse (Testut, *Anatomie humaine*).

a, prolongement cylindraxile. — *b*, corps de la cellule et prolongements protoplasmiques.

§ 1. — Description des éléments nerveux

A. Cellule nerveuse. — Elle représente l'élément fondamental et actif du système nerveux.

a. *Structure*. — La cellule est variable de forme et de volume, mais qu'elle soit grande ou petite, globuleuse, fusiforme ou étoilée, elle comprend toujours une enveloppe très fine, du protoplasma fibrillaire et un noyau arrondi. Elle émet des prolongements de deux sortes, les *prolongements*

cylindraxiles et les *prolongements protoplasmiques*. Le prolongement cylindraxile constitue l'attribut constant et caractéristique de la cellule nerveuse ; il se continue toujours avec une fibre nerveuse ; toute cellule en émet au moins un, mais il peut y en avoir deux ou plusieurs et l'expansion peut être simple ou ramifiée. Les prolongements protoplasmiques sont plus ou moins longs, plus ou moins ramifiés également et se terminent par une touffe de petits filaments.

b. *Propriétés*. — La cellule nerveuse possède deux propriétés fondamentales, le *pouvoir excito-moteur* et le *pouvoir auto-moteur*, c'est-à-dire qu'elle peut manifester son activité, soit à la suite d'une excitation, qui lui parvient et qu'elle modifie, en transformant par exemple une sensation reçue en un ordre moteur, soit d'elle-même, sans aucune impulsion étrangère. La comparaison du travail nerveux avec la contractilité musculaire permettra de mieux

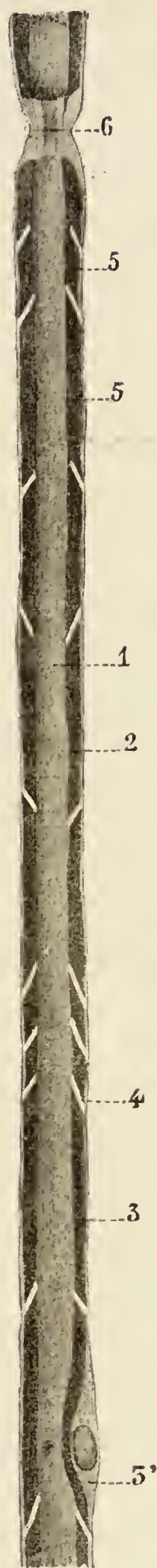


Fig. 247. — Fibre nerveuse (Testut, *Anatomie humaine*.)

1, cylindraxe. — 2, gaine de myéline. — 3, gaine de Schwann. — 6, étranglement.



Fig. 248. — Fibre nerveuse continuant le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse (Testut, *Anatomie humaine*).

1, cellule nerveuse. — 2, prolongement cylindraxile. — 3, fibre nerveuse à l'état de cylindraxe nu. — 4, commencement de la gaine de myéline.

saisir la différence entre ces deux propriétés : la fibre musculaire ne se contracte que sous l'influence d'un excitant, la cellule nerveuse entre en activité, soit sous l'influence d'une excitation, soit en apparence spontanément.

c. *Fonctions*. — Au point de vue de leurs fonctions, on peut classer les cellules nerveuses en trois groupes :

1° Cellules *réceptrices* ou *sensitives*, aptes à percevoir les impressions ;

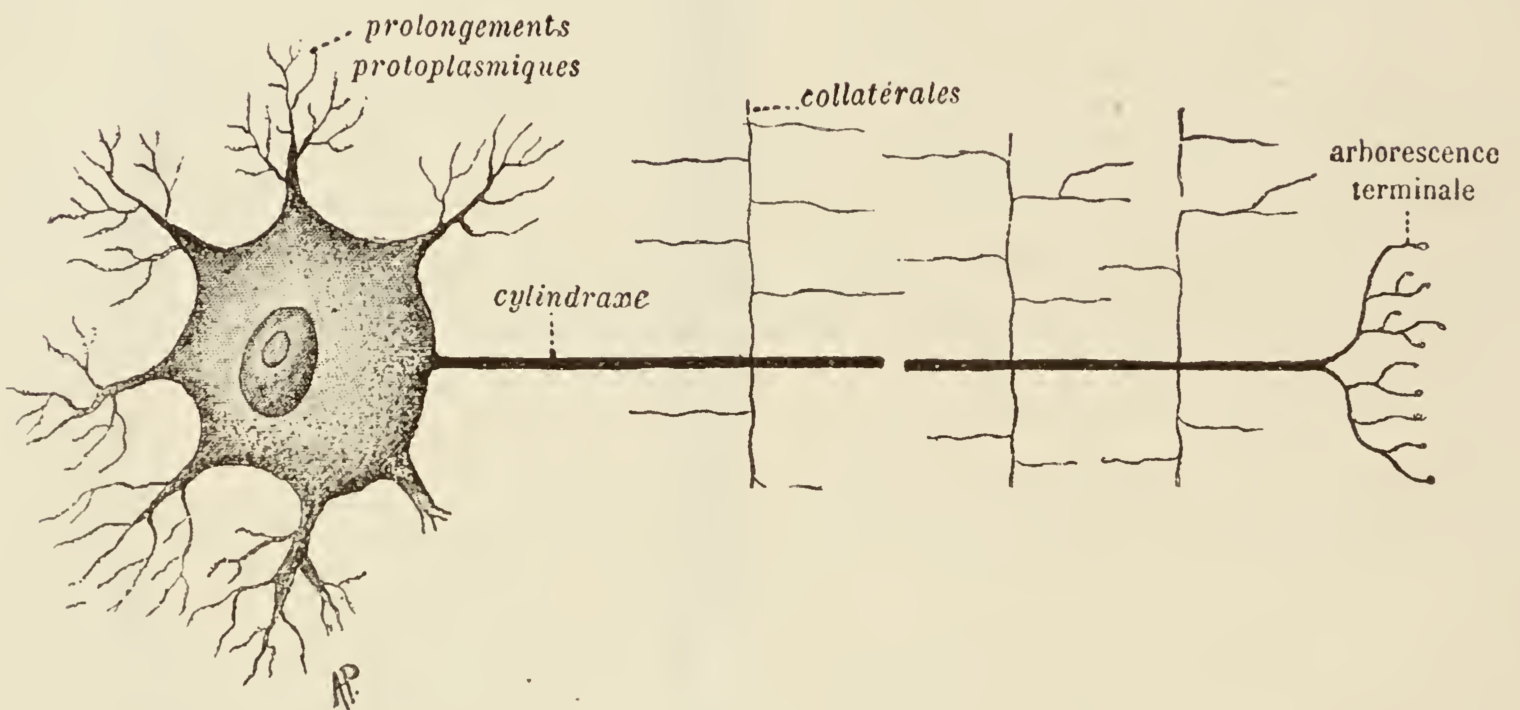


Fig. 249. — Représentation schématique du neurone (Pizon, *Anatomie animale*).

2° Cellules *ordonnatrices* ou *motrices*, qui sont le point de départ de l'impulsion motrice ;

3° Cellules *psychiques*, dans lesquelles s'élaborent les manifestations de l'intelligence.

B. Fibre nerveuse. — La fibre nerveuse est l'élément conducteur, mettant les cellules nerveuses en rapport les unes avec les autres et avec les organes périphériques.

a. *Structure*. — Leur fibre se compose d'un *cylindraxe*, d'une *gaine à myéline* et d'une *gaine de Schwann*. La partie essentielle est le cylindraxe, qui fait suite au prolongement cylindraxile de la cellule ; il constitue un cordon central et continu sur toute la longueur de la fibre jusqu'à l'extrémité terminale de celle-ci, où

il donne naissance à un chevelu de filaments ; il peut rester simple ou se bifurquer un certain nombre de fois.

La gaine à myéline est constituée par une succession de manchons, que séparent des étranglements et qui sont remplis de myéline, substance huileuse, destinée à protéger le cylindraxe ; la gaine de Schwann est une membrane très mince, qui enveloppe les manchons de myéline.

Les fibres à myéline ont un aspect blanc nacré, qui leur a fait donner le nom de *fibres blanches* ; elles sont *complètes*, lorsqu'elles ont en même temps une gaine de Schwann, *incomplètes* quand elles sont dépourvues de celle-ci : les premières se rencontrent dans les nerfs périphériques, les secondes dans certaines régions du cerveau, où elles forment la substance blanche. Les fibres sans myéline ont une couleur terne et pâle, d'où leur nom de *fibres grises* : nous les trouverons dans le grand sympathique.

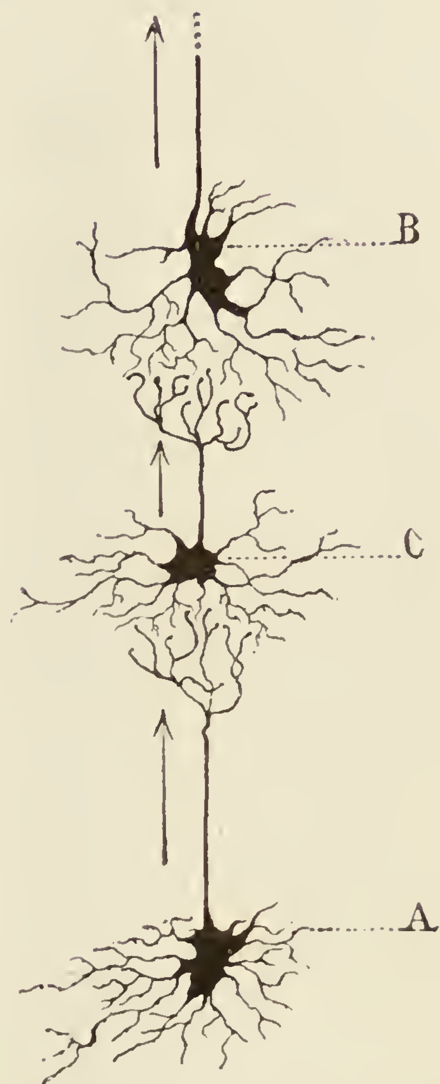


Fig. 250. — Association des neurones (Testut. *Anatomie humaine*).

Le neurone C est en relation par ses prolongements protoplasmiques avec le cylindraxe du neurone A, et par son cylindraxe avec les prolongements protoplasmiques du neurone B.

b. *Propriétés*. — Les fibres ont la propriété de transmettre l'excitation nerveuse d'une cellule à l'autre ou de la périphérie du corps aux cellules et inversement ; d'après le sens, suivant lequel se fait dans les deux derniers cas la conduction nerveuse, on divise les fibres en deux groupes :

1° *Fibres centripètes* ou *sensitives*, conduisant l'excitation, généralement sensitive, de la périphérie aux cellules réceptrices ;

2° *Fibres centrifuges* ou *motrices*, guidant l'ordre, généralement une incitation motrice, des cellules ordonnatrices vers la périphérie du corps.

C. Neurone. — On sépare la cellule nerveuse de la fibre pour les besoins de la description, mais en réalité la fibre n'est que le

prolongement de la cellule : il n'y a pas de cellule sans fibre, et pas de fibre, qui ne vienne d'une cellule. Toute fibre nerveuse séparée de la cellule, dont elle dérive, perd ses propriétés et meurt : leur ensemble constitue donc une unité à la fois anatomique et physiologique, qui est le neurone. Chacun représente un élément indépendant et individualisé, car les neurones ne se fusionnent pas et ne s'anastomosent pas ; le système nerveux peut donc être considéré encore comme résultant de la superposition de différents groupes de neurones, agencés de telle manière que le chevelu terminal du prolongement cylindraxile d'un neurone entre toujours en relation avec les prolongements protoplasmiques du neurone, situé au-dessus ou au-dessous.

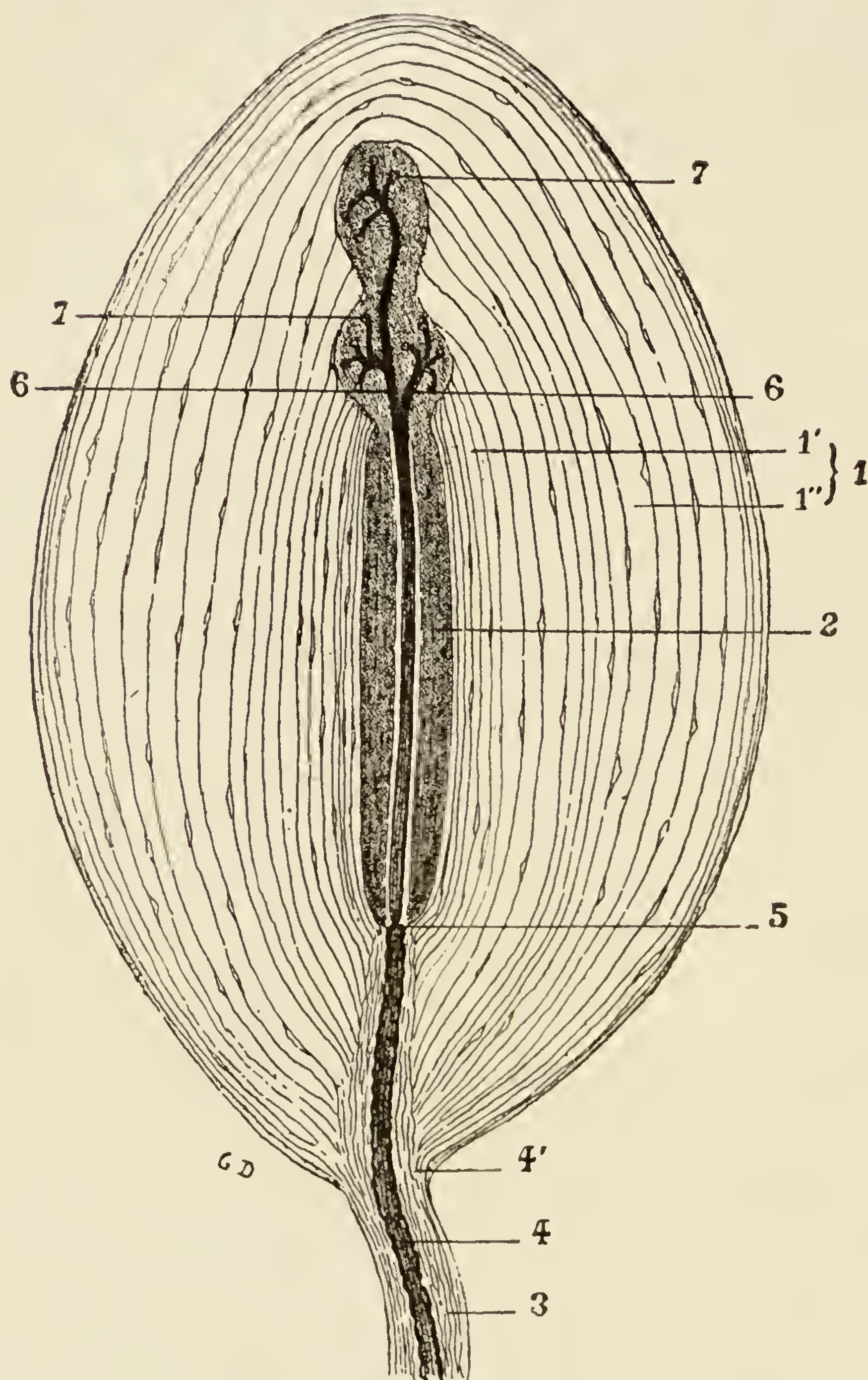


Fig. 251. — Arborisation terminale d'un neurone dans un corpuscule du tact (Testut, *Anatomie humaine*).

3, 4, 5, fibre nerveuse. — 6, 7, ses ramifications terminales.

A la périphérie, le neurone a des terminaisons variables, selon qu'il aboutit aux éléments cellulaires de l'organisme, aux organes des sens ou aux muscles. Le buisson terminal de la fibre nerveuse plonge entre les éléments primitifs dans le premier cas : nous avons vu les nerfs sensitifs se terminer ainsi dans les interstices des fibres musculaires ; il englobe des corpuscules particuliers, en forme de boutons, qui sont placés dans la peau et constituent les corpuscules du tact ; il est en relation avec des cellules spéciales dans la rétine pour la vue, dans la

muqueuse nasale pour l'odorat, dans l'oreille pour l'ouïe, dans la langue pour le goût; le neurone moteur enfin s'étale, comme nous le savons, sur la fibre musculaire et forme la plaque terminale.

Pour la transmission d'une excitation, les différents prolongements, qui sont doués de très légers mouvements, se mettent en contact entre eux ou avec les éléments cellulaires ; la transmission faite, le contact cesse, tout comme le courant d'une pile passe ou s'interrompt, selon qu'on rapproche ou disjoint les fils conduc-

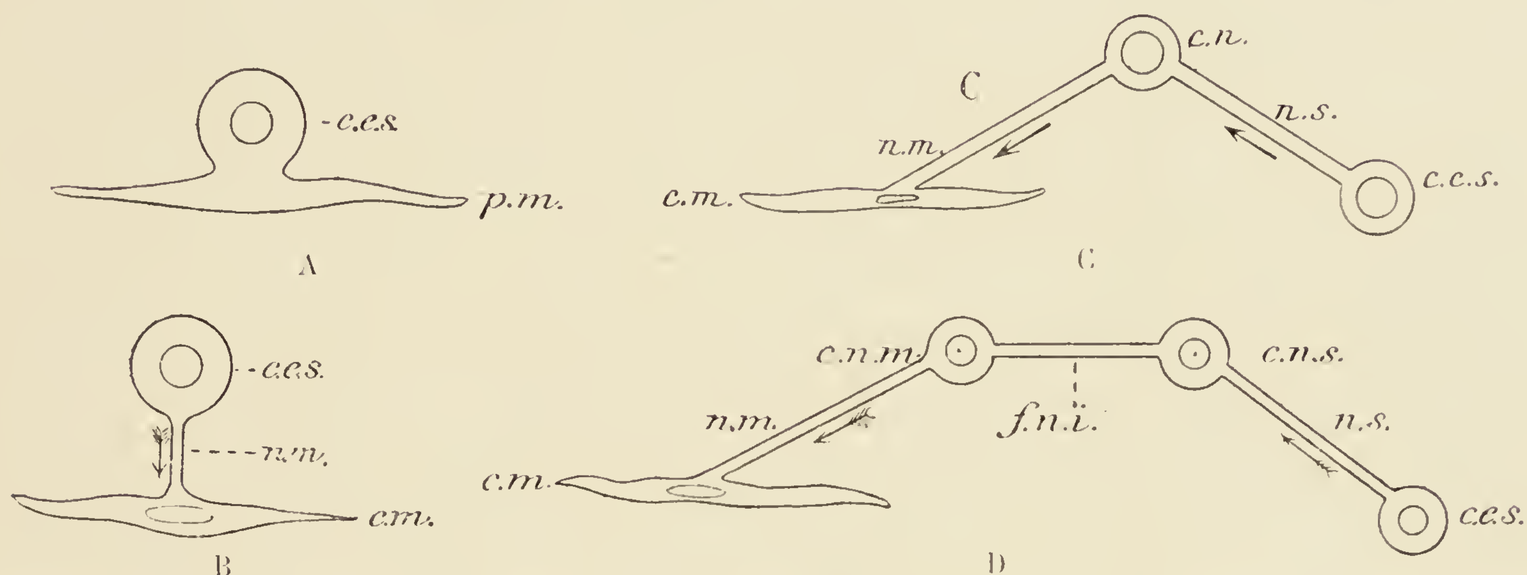


Fig. 252. — Schéma représentant la complexité croissante de la cellule neuro-musculaire.

A et B. — *ces*, cellule sensitive et nerveuse. — *pm*, partie contractile devenant une cellule musculaire distincte, *cm*. — *nm*, fibre nerveuse.

C et D, — *ces*, cellule sensitive. — *cm*, cellule musculaire. — *cn*, cellule nerveuse se dédoublant en *cns*, cellule réceptrice ou sensitive, et *cnm*, cellule ordonnatrice ou motrice. — *ns*, nerf centripète ou sensitif. — *nm*, nerf centrifuge ou moteur. — *fni*, fibre nerveuse intermédiaire.

teurs. Pendant le sommeil, chaque neurone s'isole complètement et remplace l'énergie nerveuse dépensée, qui s'y accumule comme l'énergie électrique est mise en réserve dans des accumulateurs ; lorsque la réserve d'influx nerveux est arrivée au potentiel voulu, les articulations entre les neurones se rétablissent et entraînent le réveil.

§ 2. — Origine, développement et systématisation des éléments nerveux

On ne saurait comprendre la complexité anatomique et fonctionnelle du système nerveux, sans jeter un coup d'œil sur l'origine, le développement et le mode de groupement de ses éléments constitutifs, la cellule et la fibre nerveuses.

L'être le plus primitif de la série animale est doué, en son entier, à la fois de la sensibilité et de la motilité; dans l'association d'éléments plus ou moins complexes, qui forme les organismes plus élevés, chaque cellule conserve bien une sensibilité générale, qui règle ses besoins et à laquelle est réservée une voie nerveuse particulière, comme nous le verrons, mais la sensibilité spéciale et la motilité, destinées à les mettre en relation avec le monde extérieur, seront, en raison de la division du travail, dévolues à des cellules spécialisées. Cette différenciation ira en augmentant avec la complexité croissante de l'organisme; les éléments spécialisés en vue de la même fonction se grouperont en organes distincts, qui, tout en étant éloignés les uns des autres, resteront en relation entre eux. C'est ainsi qu'à un stade plus avancé, certaines cellules se différencient et deviennent le siège exclusif de la sensibilité spéciale et de la motilité ; chez l'hydre, par exemple, on trouve distribuées uniformément à la surface du corps, les *cellules neuro-musculaires*, dont la partie superficielle est à la fois sensible et nerveuse, tandis que la partie profonde est contractile ; elles représentent l'ébauche des appareils sensitifs, nerveux et musculaires. Par un nouveau perfectionnement, la partie nerveuse se sépare et s'éloigne de la partie sensible, qui reste à la surface et en contact avec le milieu extérieur ; on a ainsi une cellule nerveuse, rudiment de centre nerveux, reliée d'un côté à un élément sensible par une fibre centripète et de l'autre à un élément contractile par une fibre centrifuge. Chez les animaux mieux organisés, une nouvelle différenciation s'opère dans la cellule nerveuse elle-même ; celle-ci se divise à son tour en deux éléments nouveaux, qui, tout en conservant leurs connexions l'un avec la cellule sensible, l'autre avec l'élément contractile, sont reliés entre eux par une fibre intermédiaire. Pour arriver au schéma du système nerveux complexe des être supérieurs, doués de la vie intellectuelle, supposons qu'un troisième élément cellulaire se développe sur le trajet d'une fibre intermédiaire : cellule psychique, elle sera affectée aux manifestations de l'intelligence, recevra les impressions élaborées par la cellule sensitive, provo-

quera l'excitation de la cellule motrice. Groupons enfin en organes tous ces éléments différenciés : les éléments sensibles de la périphérie, destinés à recevoir les impressions, formeront les organes des sens ; les éléments contractiles deviennent les muscles ; les cellules nerveuses et les fibres, qui les réunissent entre elles et les relient aux organes des sens et aux muscles, vont constituer le système nerveux. Le groupement des cellules dans une région limitée du corps et la systématisation des fibres intermédiaires, qui en est la conséquence, entraînent la formation d'un appareil nerveux central : l'association des cellules de même spécialité réalise une multitude de *centres* ou *noyaux*, dont l'union constitue dans ce système central la partie fondamentale et active, connue sous le nom de *substance grise ;* la concentration des innombrables fibres intermédiaires entre ces noyaux, donne lieu à des faisceaux blancs conducteurs, qui font également partie intégrante de la portion centrale, où ils constituent la *substance blanche*. Les fibres centripètes et centrifuges, qui relient les centres aux différentes parties du corps, forment un *appareil nerveux périphérique*.

§ 3. — Division du système nerveux

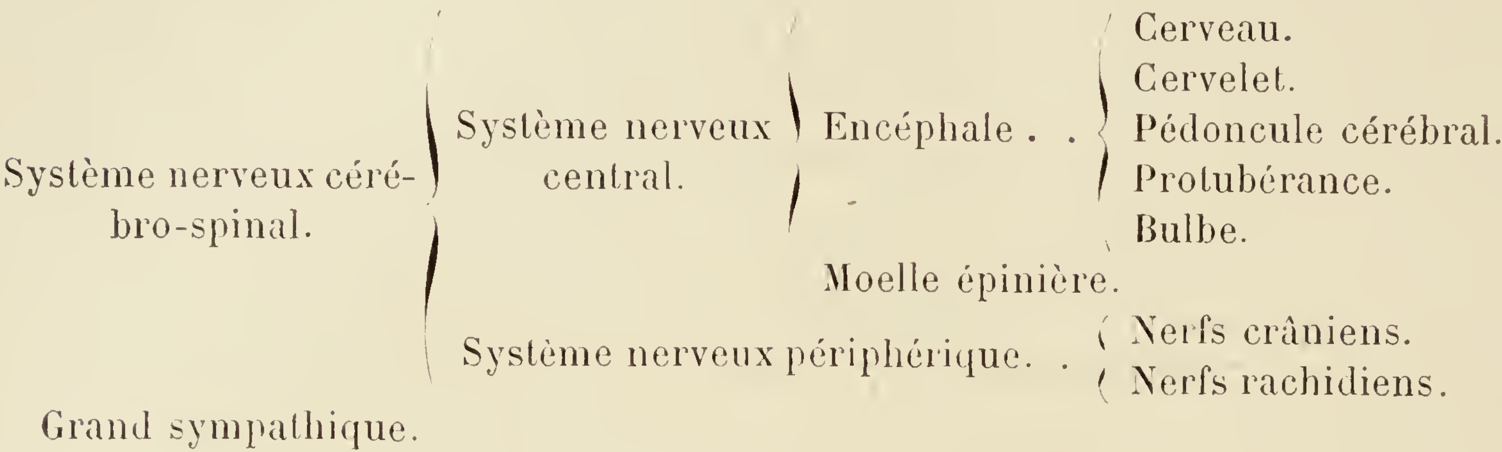
Les considérations précédentes laissent prévoir le mode de division du système nerveux et en font comprendre la raison ; on lui considère, en effet, chez l'homme deux appareils, le *système nerveux cérébro-spinal* et le *grand sympathique*.

Le système nerveux cérébro-spinal comprend une partie centrale, l'*axe cérébro-spinal* ou *névraxe*, composé lui-même de l'*encéphale* et de la *moelle épinière*, et une partie périphérique, les *nerfs* ; l'encéphale est formé par cinq organes, le *cerveau*, le *cervelet*, les *pédoncules cérébraux*, la *protubérance* et le *bulbe* ; les nerfs se subdivisent en *nerfs crâniens* et *nerfs rachidiens*. L'ensemble préside à toutes les manifestations de la vie de relation et de l'intelligence.

Le grand sympathique comprend également des centres, les *ganglions*, et des nerfs ; il règle les fonctions de nutrition. Son

étude anatomique et physiologique nous montrera qu'il n'est pas complètement indépendant, mais qu'il est subordonné au système nerveux cérébro-spinal.

Le tableau suivant résume l'ensemble du système nerveux :



Système nerveux cérébro-spinal.	Système nerveux central.	Encéphale . .	Cerveau.
			Cervelet.
			Pédoncule cérébral.
			Protubérance.
			Bulbe.
		Moelle épinière.	
	Système nerveux périphérique. .		Nerfs crâniens.
			Nerfs rachidiens.
Grand sympathique.			

CHAPITRE II

ANATOMIE DU SYSTÈME NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAL

Nous nous arrêterons d'abord aux *méninges*, membranes d'enveloppe de l'axe cérébro-spinal, puis nous ferons la description de l'*encéphale* et des *cinq organes*, dont il est formé, ensuite celle de la *moelle épinière* et nous terminerons par l'étude des *nerfs*.



Fig. 253. — Représentation schématique du nevraxe (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, encéphale. — 3, moelle épinière.

§ 1. — Méninges

Les méninges forment un revêtement continu autour de l'encéphale et de la moelle épinière ; elles sont au nombre de trois : la *dure-mère*, l'*arachnoïde* et la *pie-mère*.

A. Dure-mère. — C'est une membrane fibreuse, mince et résistante, dont la surface externe adhère au périoste du crâne et se trouve, au contraire, séparée des vertèbres par du tissu adipeux. Sa surface interne présente dans le crâne trois prolongements, destinés à séparer les diverses parties de l'encéphale et à prévenir leur compression mutuelle : ce sont la *faux du cerveau*, la *tente du cervelet* et la *faux du cervelet*.

a. *Faux du cerveau*. — Elle est formée par un grand repli antéro-postérieur séparant le cerveau en deux moitiés latérales.

b. *Tente du cervelet.* — C'est une cloison horizontale placée

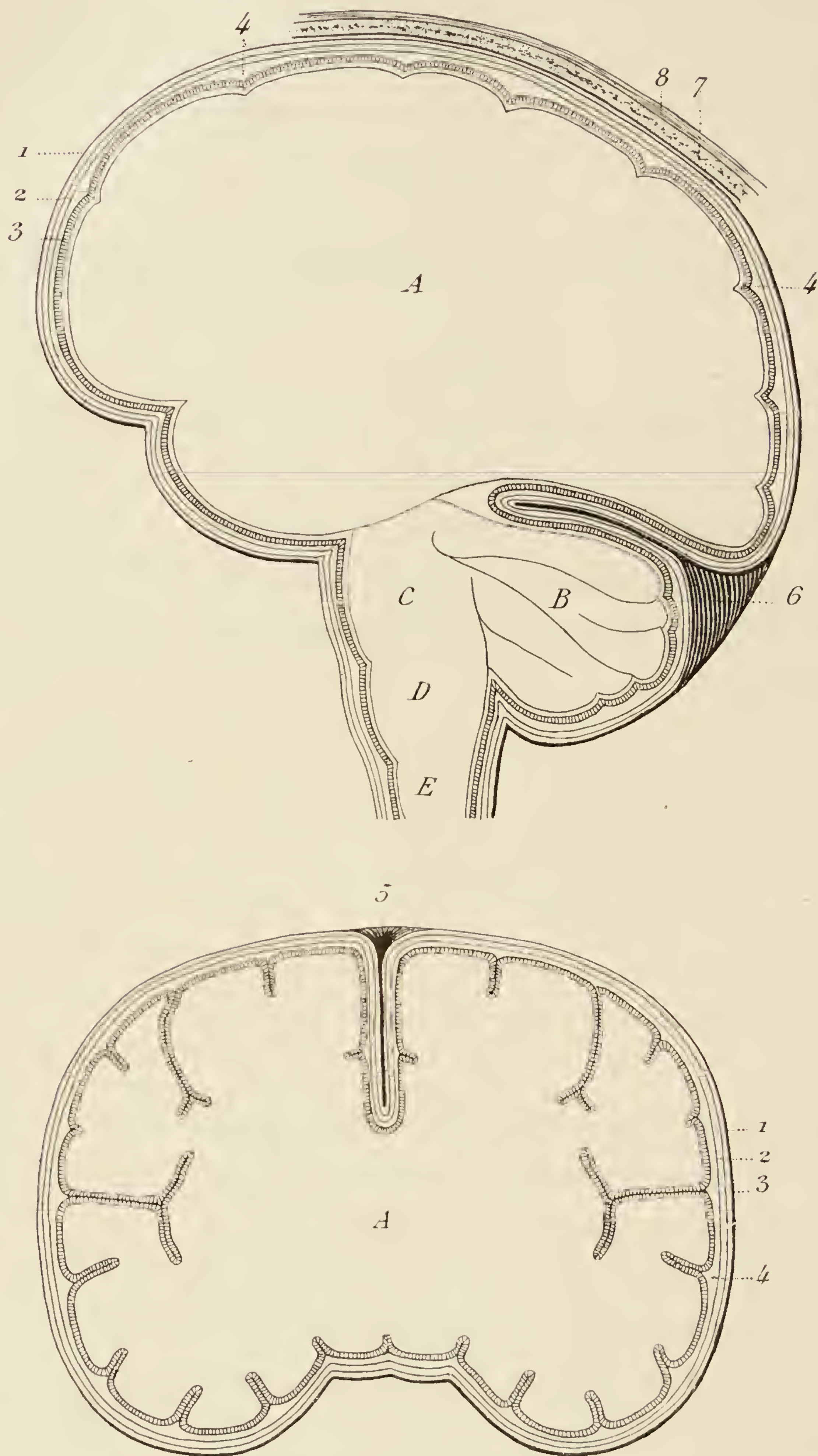


Fig. 254 et 255. — Schémas montrant la disposition des méninges autour de l'encéphale.

A, cerveau. — B, cervelet. — C, protubérance. — D, bulbe. — E, moelle épinière. — 1, dure-mère. — 2, les deux feuillets de l'arachnoïde. — 3, pie-mère. — 4, 4, 4, espaces renfermant le liquide céphalo-rachidien. — 5, faux du cerveau. — 6, tente du cervelet. — 7, portion osseuse de la voûte crânienne. — 8, cuir chevelu.

entre la face inférieure du cerveau et la face supérieure du cervelet.

c. *Faux du cervelet.* — Elle est placée verticalement en-dessous du repli précédent entre les deux moitiés latérales du cervelet.

B. Arachnoïde. — Séreuse en forme de double sac sans ouverture, elle est constituée comme la plèvre par un feuillet superficiel, qui tapisse la dure-mère, et un feuillet profond recouvrant la pie-mère,

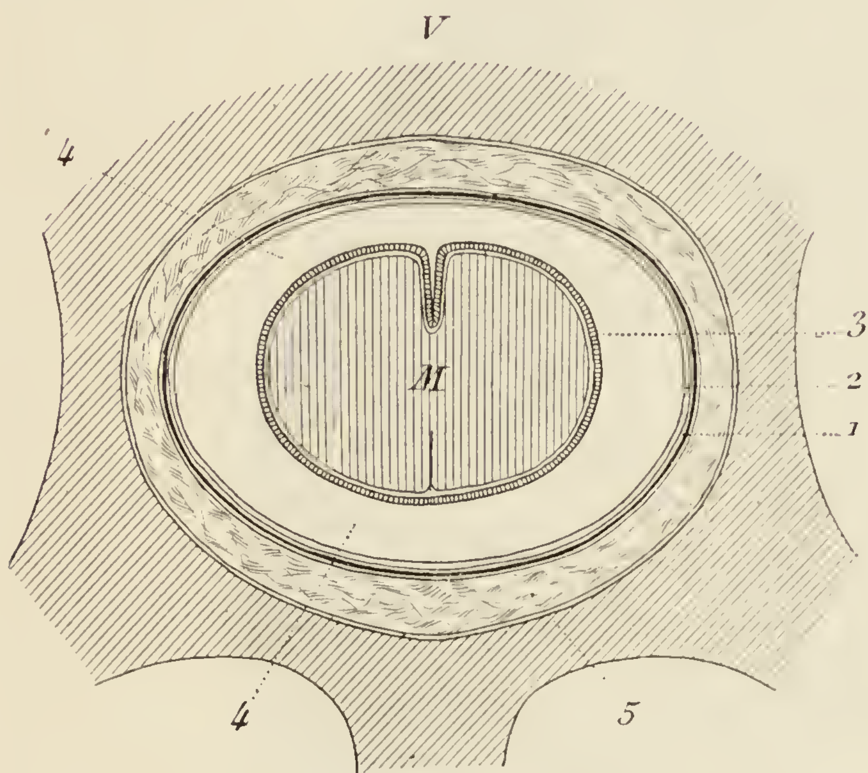


Fig. 256. — Disposition schématique des méninges autour de la moelle épinière.

M, moelle, V, corps vertébral. — 1, dure-mère. — 2, les deux feuillets de l'arachnoïde. — 3, pie-mère. — 4, 4, espace renfermant le liquide céphalo-rachidien. — 5, tissu adipeux interposé entre la dure-mère et le canal vertébral.

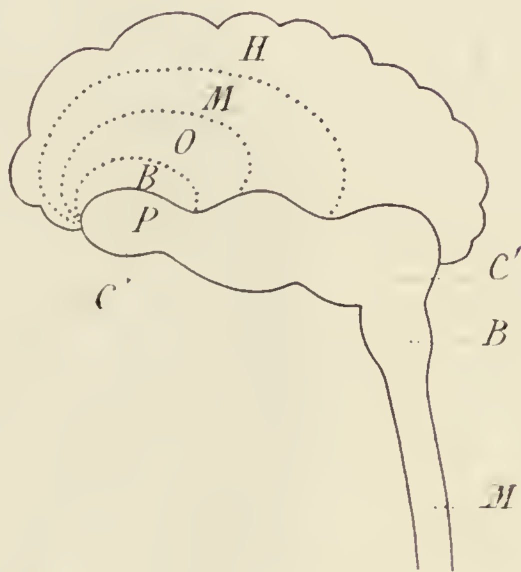


Fig. 257. — Développement progressif du cerveau dans la série animale.

C, cerveau chez P, les poissons, B, les batraciens, O, les oiseaux, M, les mammifères, H, l'homme. — C', cervelet. — B, bulbe. — M, moelle.

C. Pie-mère. — La pie-mère est une membrane vasculaire, qui tapisse immédiatement la surface du névraxe et pénètre dans tous ses replis. Ses mailles contiennent le *liquide céphalo-rachidien*, sérosité alcaline, destinée à mettre l'axe cérébro-spinal à l'abri des variations de la pression sanguine ; à chaque systole, l'ondée lancée dans la boîte crânienne inextensible comprime, en effet, ce liquide, qui s'échappe en partie dans le canal vertébral, pour revenir à la diastole suivante.

§ 2. — Encéphale

L'encéphale est la partie du système nerveux central, qui occupe la cavité crânienne. Il a chez l'homme une structure complexe,

en relation directe avec la supériorité de son développement intellectuel ; lorsqu'on l'étudie dans la série animale, on le voit se compliquer au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'être humain : après avoir été plus rudimentaire que le bulbe et le cer-

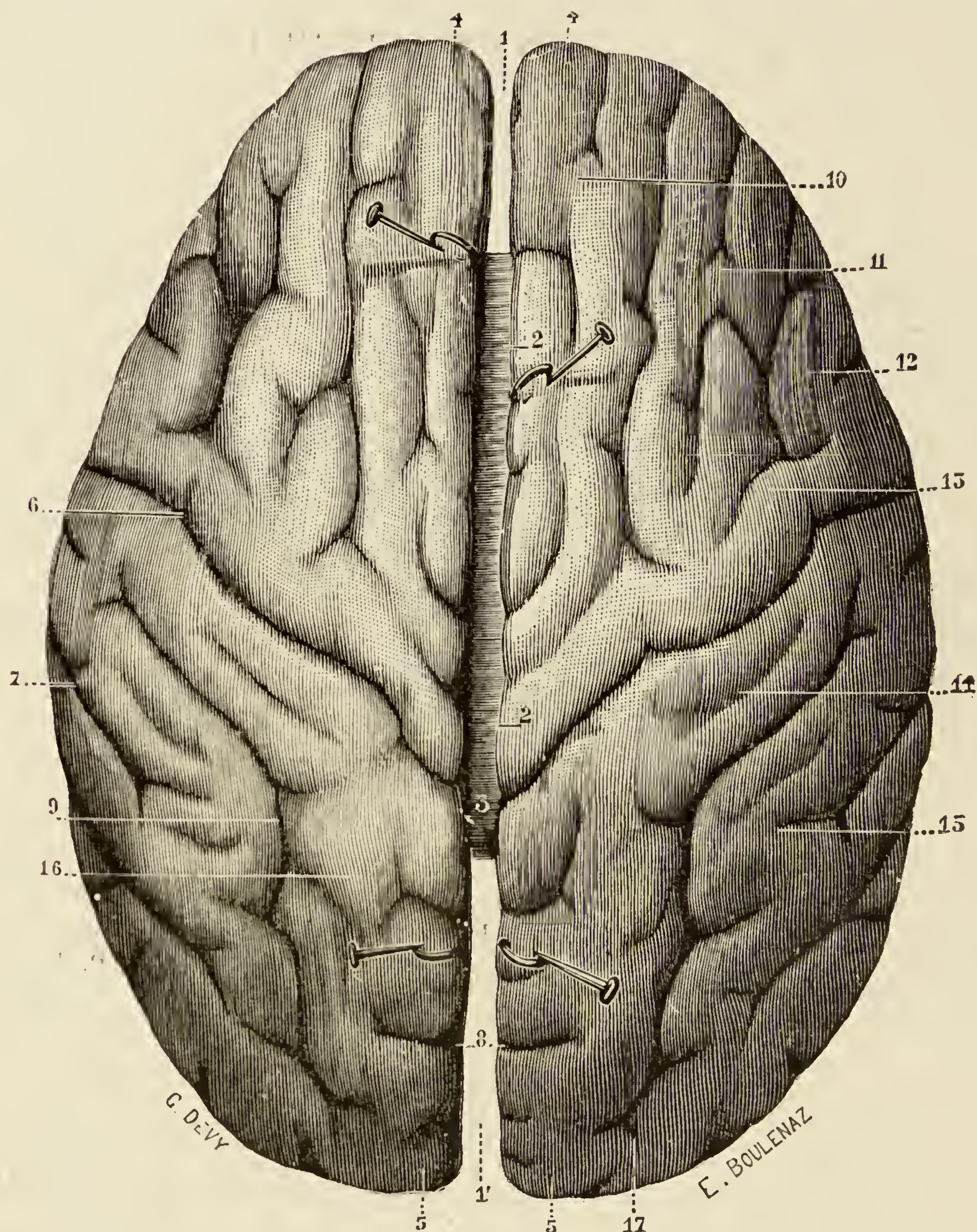


Fig. 258. — Cerveau, vu par sa face supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1', scissure interhémisphérique. — 2. 2, convexité du cerveau. — 3, corps calleux. — 4, 4, extrémité antérieure des hémisphères. — 5, 5, leur extrémité postérieure. — 6. scissure de Rolando. — 7, scissure de Sylvius. — 8, 9, autres scissures. — 10, 11, 12, 13, circonvolutions du lobe frontal. — 14, 15, 16, circonvolutions du lobe pariétal. — 17, circonvolutions du lobe occipital.

velet, le cerveau prend un volume de plus en plus considérable et finit par recouvrir totalement les autres centres encéphaliques. L'encéphale de l'homme passe, avant la naissance, par des stades analogues ; ainsi, le cerveau est d'abord très petit, mais au fur et à mesure qu'il se développe, il s'étend en arrière sur le bulbe et le cervelet[1].

[1] La boîte crânienne se modèle sur l'encéphale et suit ses expansions : de là vient

1. — *Cerveau.*

Le cerveau a la forme d'une ovoïde à grand axe antéro-postérieur

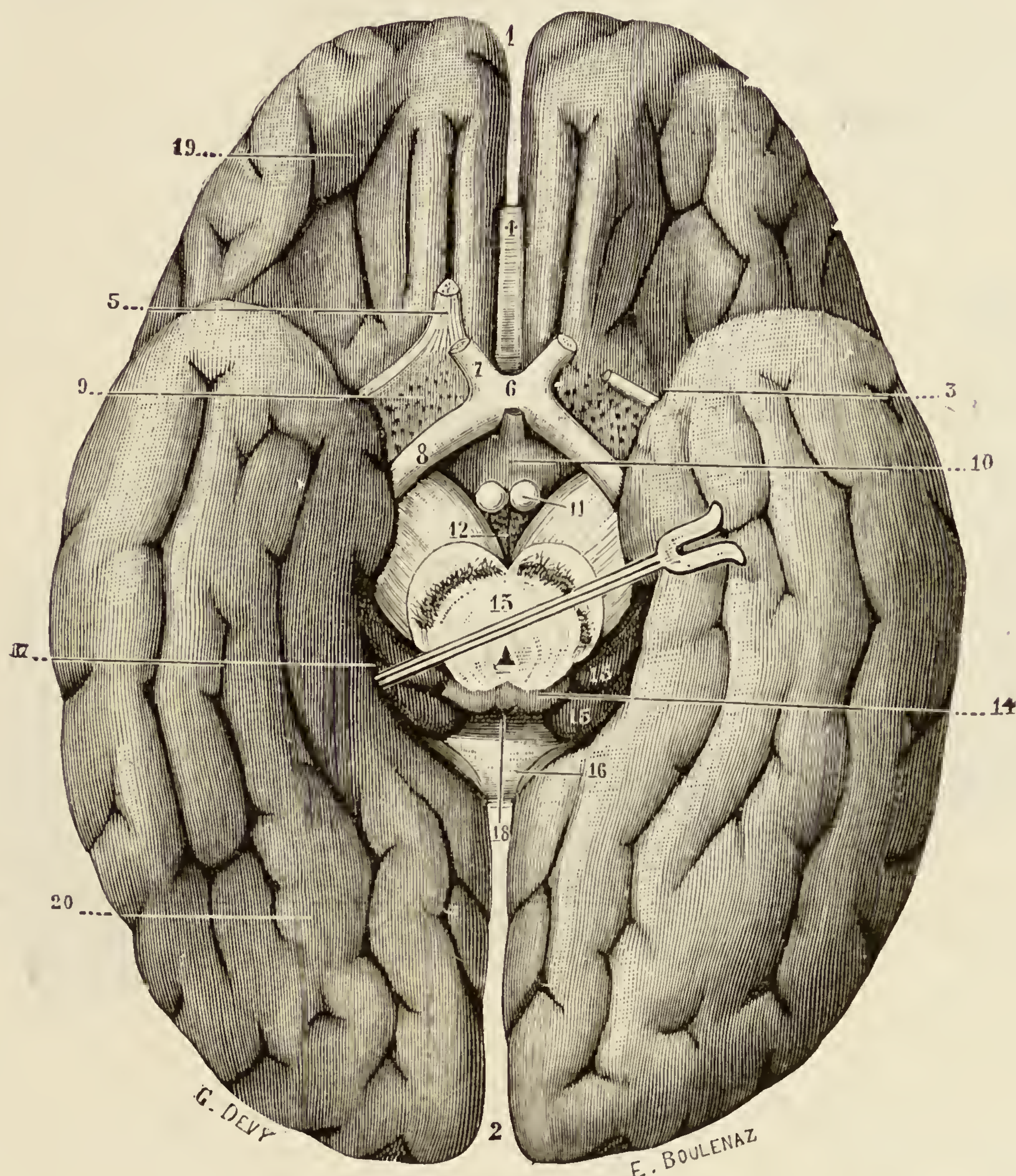


Fig. 259. — Cerveau, vu par sa base (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, scissure interhémisphérique. — 3, scissure de Sylvius. — 4, extrémité antérieure du corps calleux. — 5, nerf olfactif. — 6, 7, 8, nerfs optiques et leur entre-croisement. — 13, coupe des pédoncules cérébraux. — 16, extrémité postérieure du corps calleux. — 19, lobe frontal. — 20, lobe temporo-occipital.

et à grosse extrémité tournée en arrière ; chez l'adulte, son poids moyen est de 1.250 grammes [2].

la proéminence du front au fur et à mesure qu'on s'élève dans la série animale. Le rapport entre les volumes respectifs du crâne et de la face constitue l'*angle facial*, qui est en quelque sorte l'expression du degré de développement intellectuel de chaque être. Cet angle est formé par l'intersection, au niveau des incisives supérieures, de deux lignes, dont l'une est tangente au front, l'autre passant par le conduit auditif ; il mesure 80 à 85° chez l'européen, 70° chez le nègre, 65° chez le singe et diminue graduellement chez les animaux avec la prédominance de la face sur le crâne.

[2] Pour déterminer en anthropométrie le volume du cerveau, on mesure la *capacité crânienne* au moyen de grains de plomb, versés par le trou occipital.

A. Conformation extérieure. — Le cerveau présente une face supérieure convexe, en rapport avec la voûte crânienne, et une face inférieure plane ou *base*, dont les deux tiers antérieurs occupent les fosses cérébrales antérieures et moyennes, tandis que le tiers postérieur repose sur la tente du cervelet.

Une fente profonde, à direction antéro-postérieure, la *scissure inter-hémisphérique*, qui est complète en avant et en arrière, le

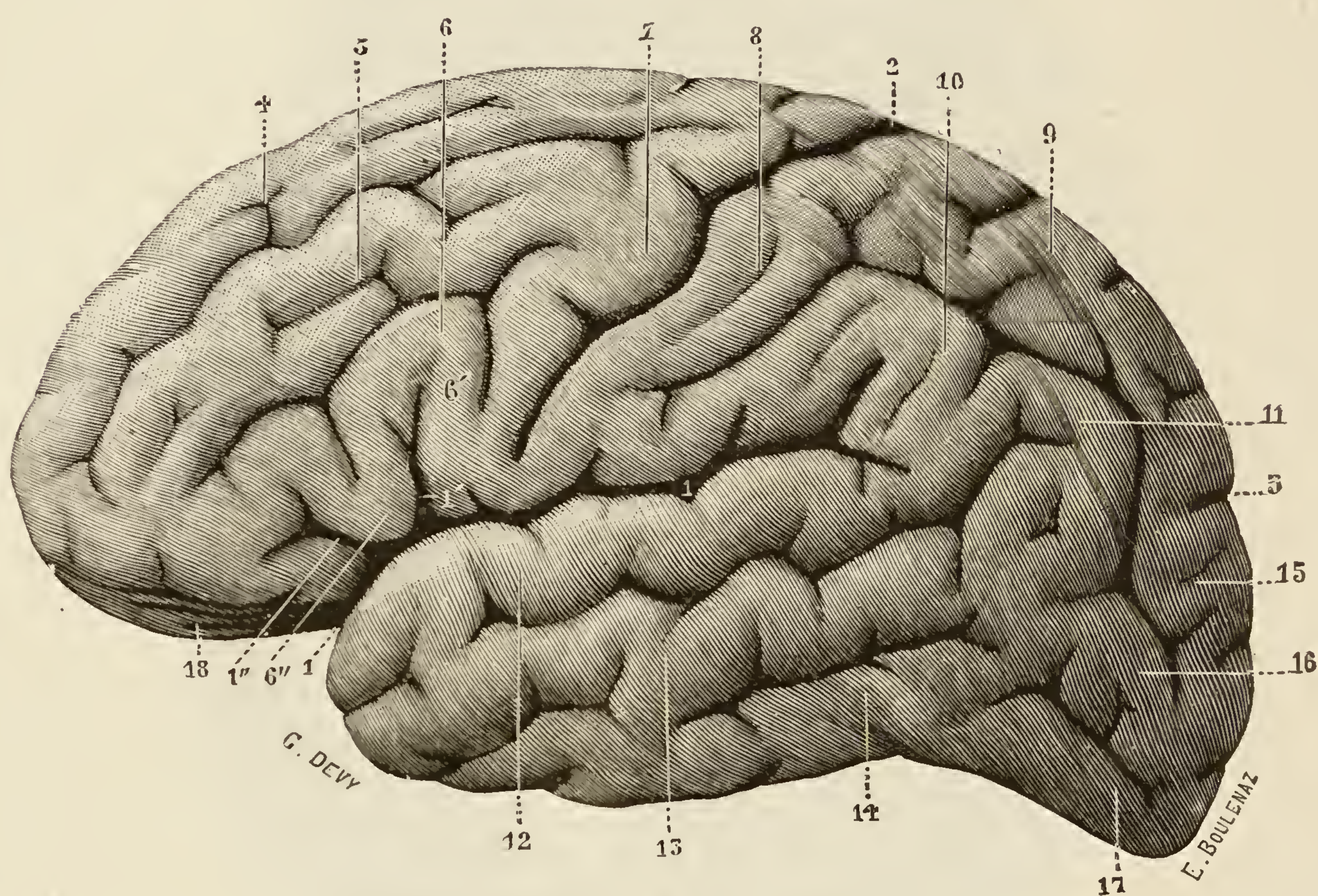


Fig. 260. — Scissures et circonvolutions de l'hémisphère gauche, vu par sa face externe (Testut. *Anatomie humaine*).

1, 1', 1'', scissure de Sylvius. — 2, scissure de Rolando. — 4, 5, 6, 7, circonvolutions du lobe frontal. — 8, 9, 10, circonvolutions du lobe pariétal. — 11 à 17, circonvolutions du lobe temporo-occipital.

divise en deux moitiés latérales, les *hémisphères*, unis à leur partie moyenne par un pont de substance blanche, le *corps calleux :* dans cette scissure est logée la faux du cerveau.

Chaque hémisphère est parcouru par un dédale de sillons, les *scissures :* les deux principales, situées sur la face externe du cerveau et appelées la *scissure de Rolando* et la *scissure de Sylvius*, divisent chaque hémisphère en trois *lobes*, le *frontal*, le *pariétal* et le *temporo-occipital*. D'autres sinuosités, moins importantes, déterminent sur chaque lobe une série de replis, les *circonvolutions* ; le but de cette disposition est de multiplier la surface cérébrale : en la supposant déplissée, elle équivaudrait, en effet, à un carré de

45 centimètres de côté, dont les deux tiers appartiennent à la portion cachée dans les scissures. Leur complexité est en rapport, comme le développement général du cerveau, avec le degré de l'activité intellectuelle : au fur et à mesure que celle-ci disparaît chez les animaux, les scissures et les circonvolutions deviennent plus rudimentaires et la surface cérébrale finit par être complètement lisse; chez l'enfant, en voie

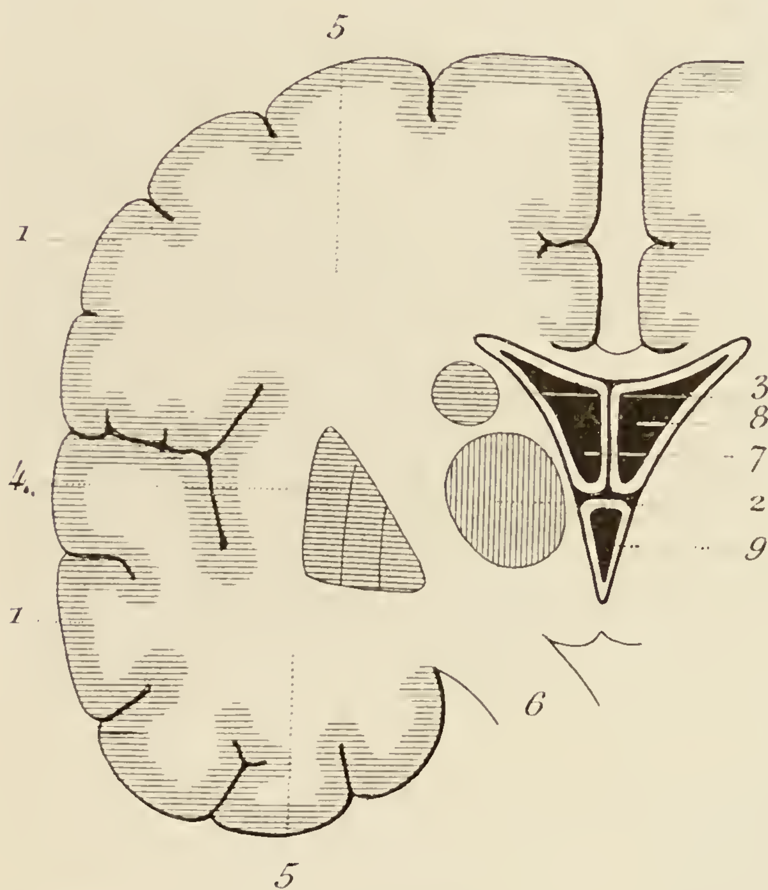


Fig. 261. — Coupe verticale et transversale du cerveau, montrant la répartition de la substance grise et de la substance blanche (d'après Testut. *Anatomie humaine*).

1, 1, écorce cérébrale. — 2, couche optique 3, noyau caudé. — 4, noyau lenticulaire. — 5, 5, substance blanche. — 6, pédoncule cérébral. — 7, 8, ventricules latéraux. — 9, ventricule moyen.

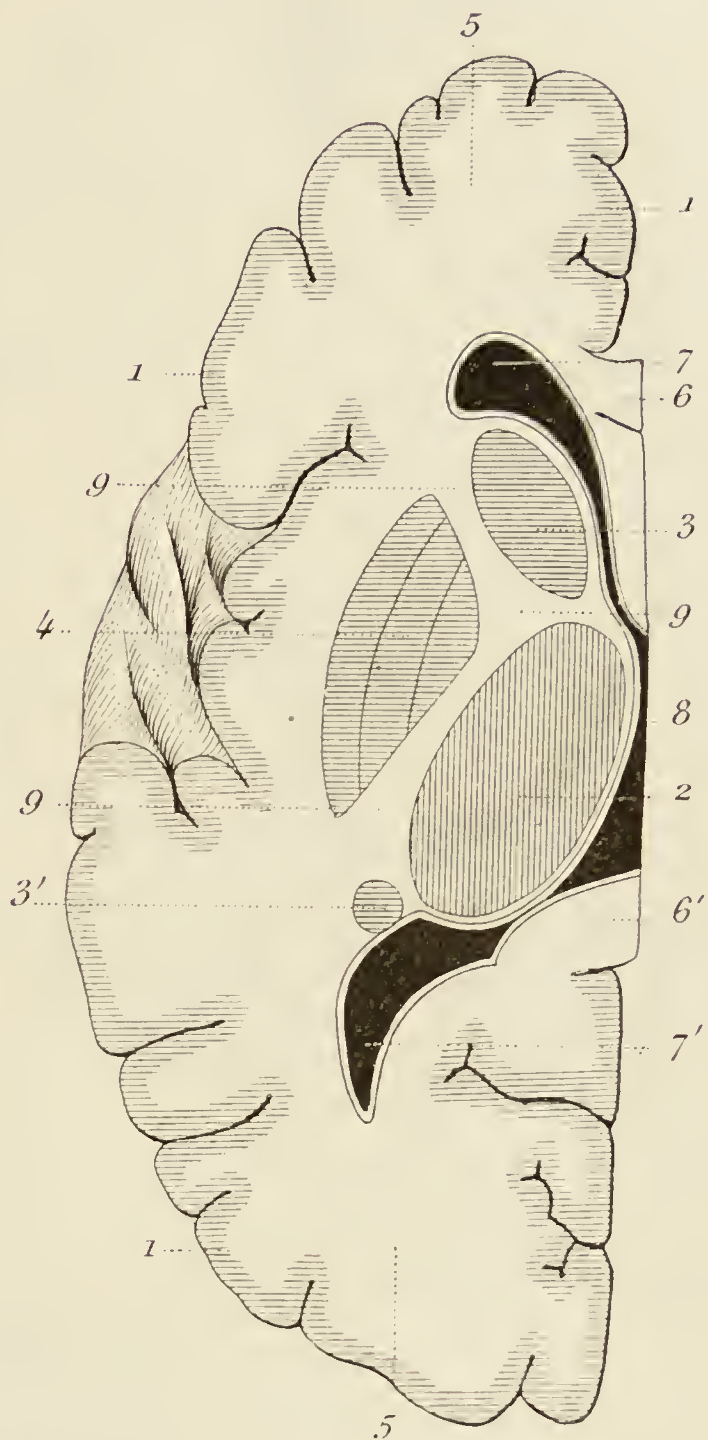


Fig. 262. — Coupe horizontale et antéro-postérieure du cerveau, passant par les noyaux gris centraux (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, 1, écorce cérébrale. — 2, couche optique. — 3, 3, sections antérieure et postérieure du noyau caudé. — 4, noyau lenticulaire. — 5, 5, substance blanche. — 6, 6', extrémités antérieure et postérieure du corps calleux. — 7, 7', ventricule latéral. — 8, ventricule moyen. — 9, capsule interne.

de développement, le cerveau est d'abord uni et il ne commence à se plisser qu'un peu avant la naissance, puis les circonvolutions s'accentuent avec les progrès intellectuels.

B. Conformation intérieure. — Sur une coupe verticale du cer-

veau, on voit dans chaque hémisphères trois parties distinctes, l'*écorce cérébrale*, les *noyaux gris centraux*, la *substance blanche intermédiaire*, et trois cavités ou *ventricules*.

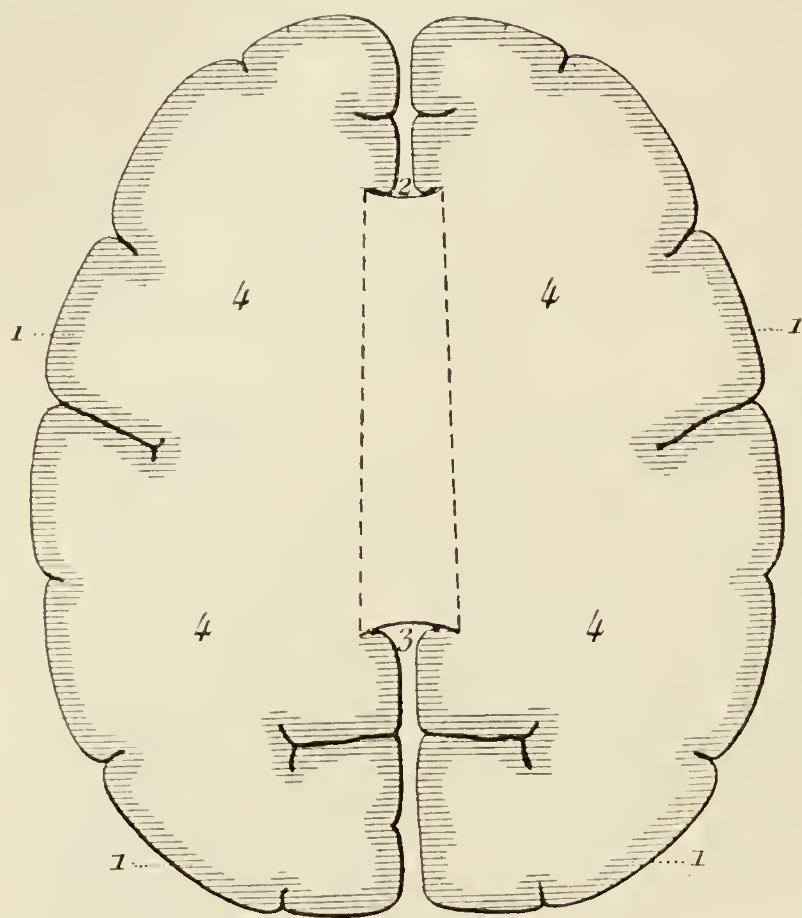


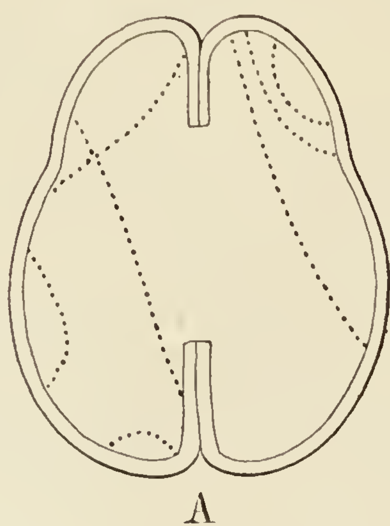
Fig. 263. — Coupe horizontale et antéro-postérieure du cerveau, passant par la face supérieure du corps calleux et montrant le centre ovale (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, écorce cérébrale. — 2, 3, corps calleux. — 4, 4, substance blanche du centre ovale.

a. *Écorce cérébrale.* — Elle forme un manteau de substance grise, qui recouvre le cerveau, en suivant les scissures et les circonvolutions.

b. *Noyaux gris centraux.* — Ils sont au nombre de trois ; deux sont situés à la face interne de l'hémisphère, la *couche optique* et le *noyau caudé*, le troisième, appelé *noyau lenticulaire*, est plus en dehors et séparé des deux précédents par une traînée de substance blanche.

1° *Couche optique.* — C'est une masse cellulaire ovoïde, à direction antéro-postérieure;



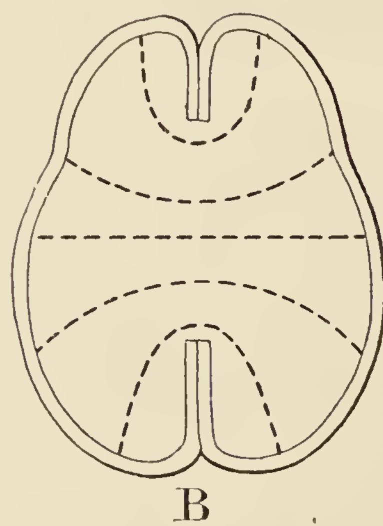


Fig. 264. — Schéma des fibres intrinsèques du cerveau (d'après Testut, *Anatomie humaine*).
A, fibres unilatérales. — B, fibres commissurales traversant le corps calleux.

2° *Noyau caudé.* — Il a la forme d'une virgule recourbée, à grosse extrémité antérieure et contournant la face supérieure de la couche optique;

3° *Noyau lenticulaire.* — Il se présente, sur une section verticale, sous la forme d'un triangle à base externe et, sur une section horizontale, sous celle d'une lentille biconvexe très allongée ; son extrémité antérieure se confond avec celle du noyau caudé, de sorte qu'ils représentent les deux branches d'un fer à cheval à concavité postérieure.

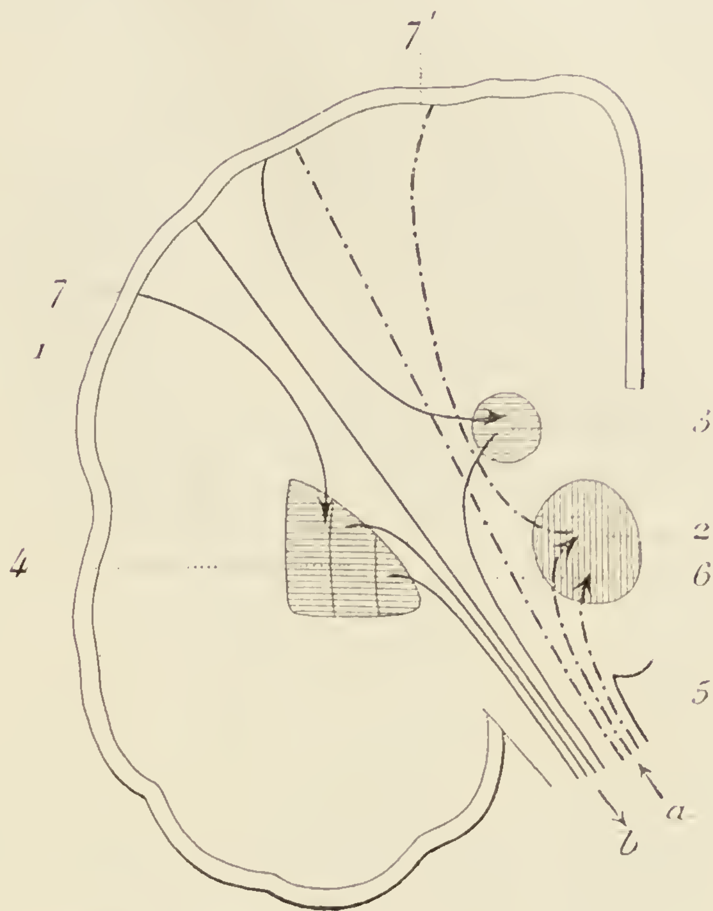


Fig. 265. — Schéma des fibres extrinsèques d'un hémisphère cérébral.

1, écorce cérébrale. — 2, couche optique. — 3, noyau caudé. — 4, noyau lenticulaire. — 5, pédoncule cérébral. — 6, capsule interne. — 7, 7', portion de la couronne rayonnante. — *a*, voie centripète. — *b*, voie centrifuge.

c. *Substance blanche intermédiaire.* — On la voit sous un aspect différent, selon que l'on fait sur les hémisphères cérébraux une coupe horizontale, au niveau de leur réunion par le corps calleux, ou une coupe soit verticale, soit horizontale, mais pratiquée plus bas et intéressant les noyaux gris centraux. Dans le premier

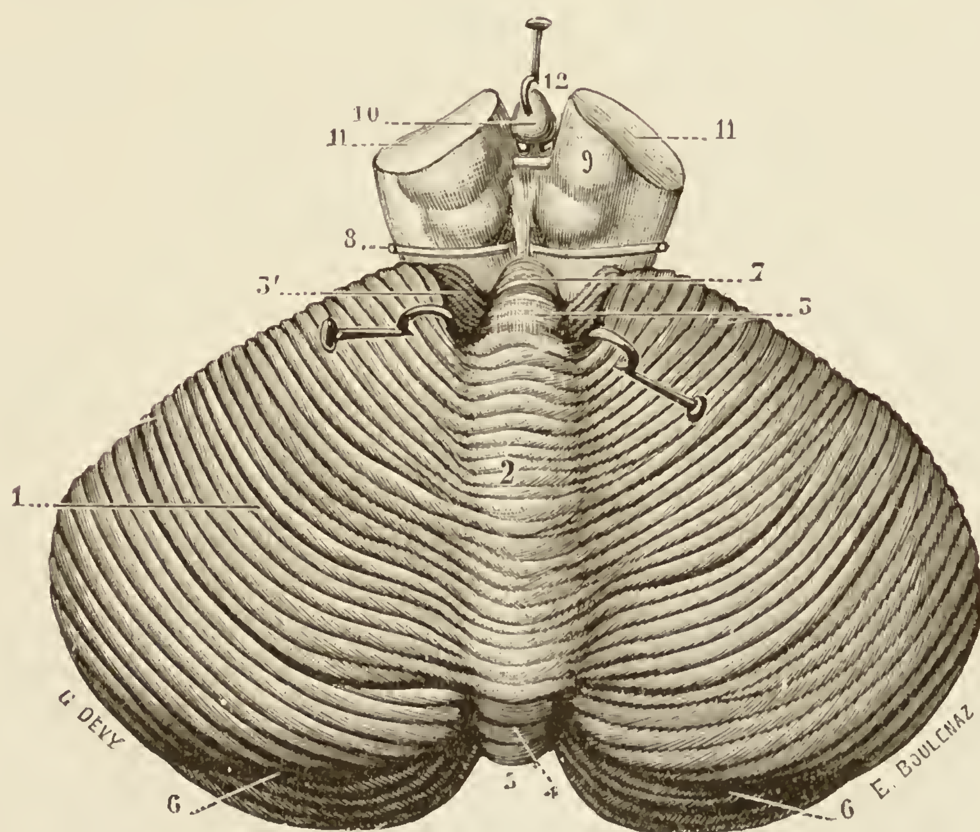


Fig. 266. — Cervelet, vu par sa face supérieure (Testut, *Anatomie humaine*).
1, hémisphère cérébelleux gauche. — 2, vermis. — 11, coupe des pédoncules cérébraux.

cas, en effet, ceux-ci n'apparaissent pas et on a une surface unifor-

mément blanche, le *centre ovale*, avec la bordure grise de l'écorce cérébrale ; dans les deux autres cas, la substance blanche passe de chaque côté du noyau lenticulaire, qu'elle sépare en dehors de l'écorce, en dedans de la couche optique et du noyau caudé et elle se prolonge à la base du cerveau dans le pédoncule cérébral.

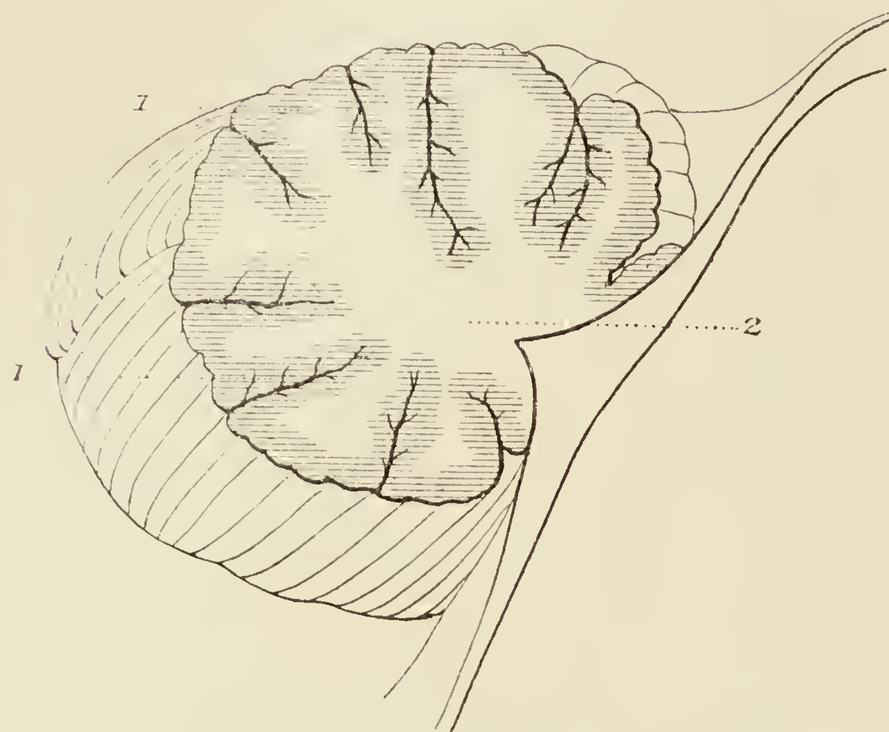


Fig. 267. — Coupe verticale d'un hémisphère cérébelleux représentant sa conformation intérieure (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, écorce grise. — 2, substance blanche centrale formant l'arbre de la vie.

Les fibres conductrices de la substance blanche se divisent, d'après leur trajet, en deux groupes, les *fibres intrinsèques* et les *fibres extrinsèques*.

1° *Fibres intrinsèques*. — Elles sont de deux sortes :

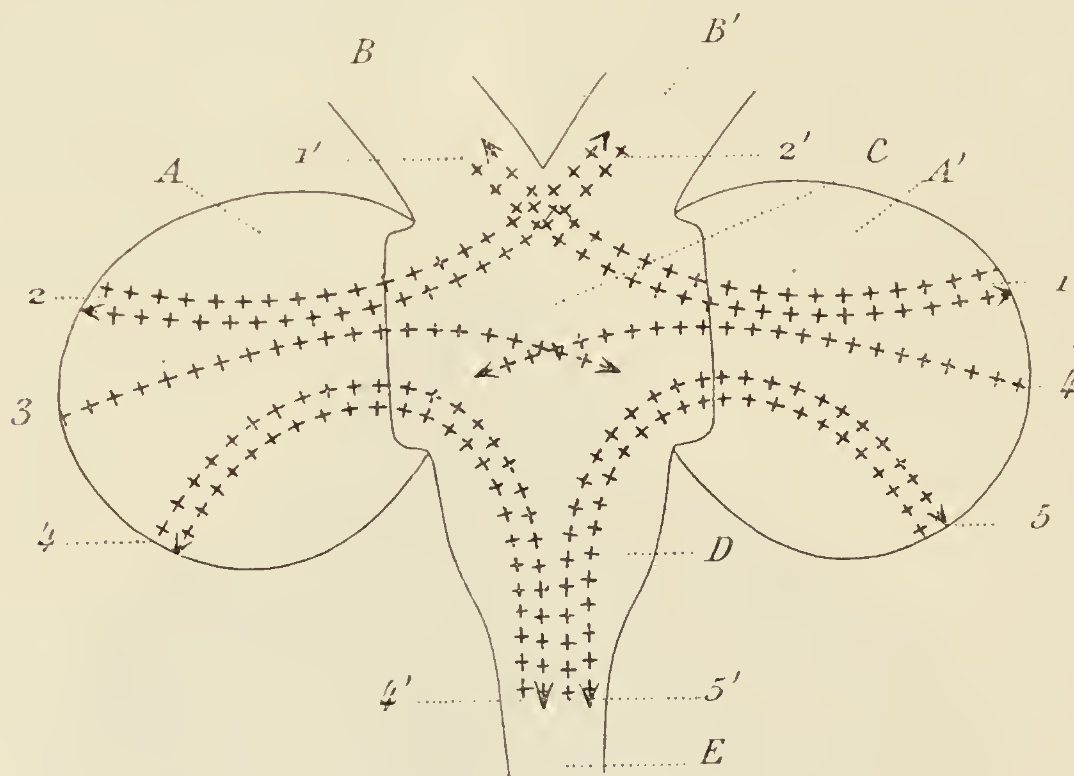


Fig. 268. — Schéma des pédoncules cérébelleux.

A, A', hémisphères cérébelleux. — B, B', pédoncules cérébraux. — C, protubérance. — D, bulbe. — E, moelle. — 1, 1', 2, 2', pédoncules cérébelleux supérieurs. — 3, 4, pédoncules cérébelleux moyens. — 4, 4', 5, 5', pédoncules cérébelleux inférieur.

Les *fibres unilatérales*, qui relient entre eux deux points quelconques de l'écorce cérébrale d'un même hémisphère ;

Les *fibres commissurales*, qui forment le corps calleux et sont

intermédiaires entre les centres symétriques des deux hémisphères.

2° *Fibres extrinsèques.* — Elles partent de tous les points de la surface cérébrale et forment un vaste éventail, la *couronne rayonnante*, qui traverse le centre ovale, qu'elle constitue en partie, converge vers les noyaux gris centraux et se groupe en un faisceau, appelé la *capsule interne*. Celle-ci a la forme d'un angle dièdre ouvert en dehors et se place entre la couche optique et le noyau caudé d'une part, et le noyau lenticulaire de l'autre ; à la base de chaque hémisphère, la capsule interne se continue avec le pédoncule cérébral. Les fibres extrinsèques mettent donc l'écorce cérébrale en relation avec les centres sous-jacents de la protubérance, du cervelet, du bulbe et de la moelle ; les unes passent directement de l'écorce dans le pédoncule, les autres se rendent dans ce dernier après avoir traversé les noyaux gris centraux. Dans leur ensemble, elles constituent deux voies conductrices, l'une centripète, l'autre centrifuge.

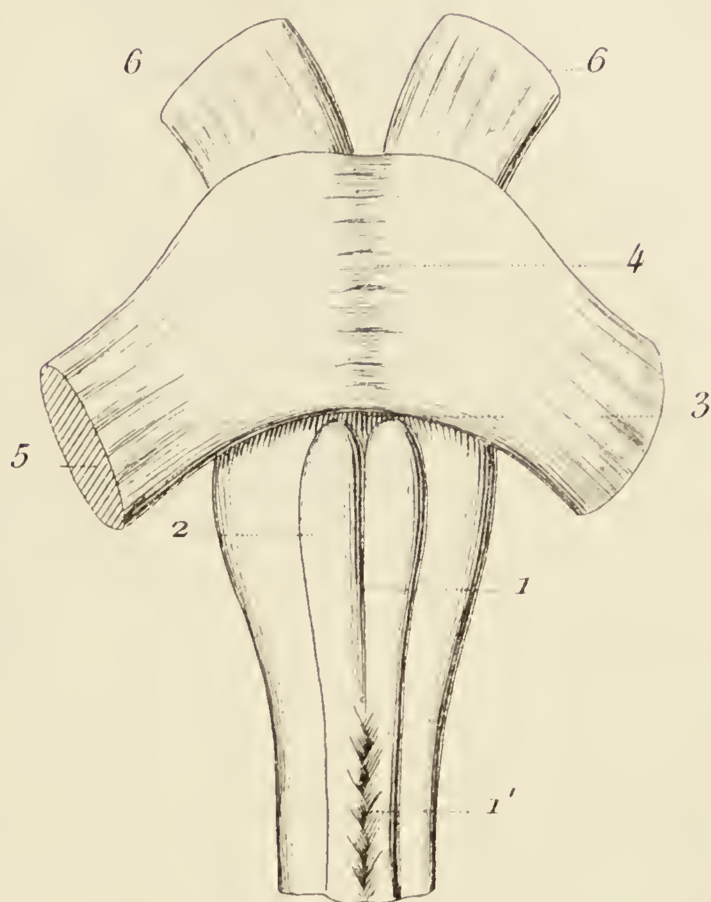


Fig. 269. — Pédoncules cérébraux, protubéraux et bulbe, vus par leur face anterieure (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, sillon médian antérieur du bulbe. — 1', décussation des pyramides. — 2, pyramide antérieure. — 3, sillon bulbo-protubérantiel. — 4, protubérance annulaire. — 5, pédoncules cérébelleux moyens. — 6, pédoncules cérébraux.

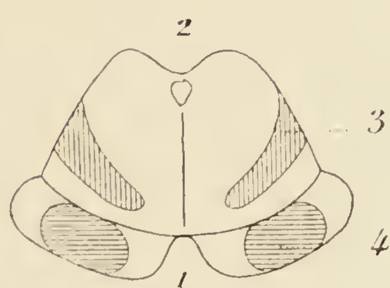


Fig. 270. — Coupe verticale et transversale des pédoncules cérébraux montrant la répartition du faisceau cérébral.

1, sillon de séparation des pédoncules. — 2, coupe de l'aqueduc de Sylvius. — 3, voie centripète, et 4, voie centrifuge du faisceau cérébral.

D. Ventricules. — Dans l'intérieur du cerveau on trouve encore trois cavités, un *ventricule moyen* et deux *ventricules latéraux*.

1° *Ventricule moyen.* — Il est au-dessous du corps calleux, entre les deux hémisphères et sur la ligne médiane ;

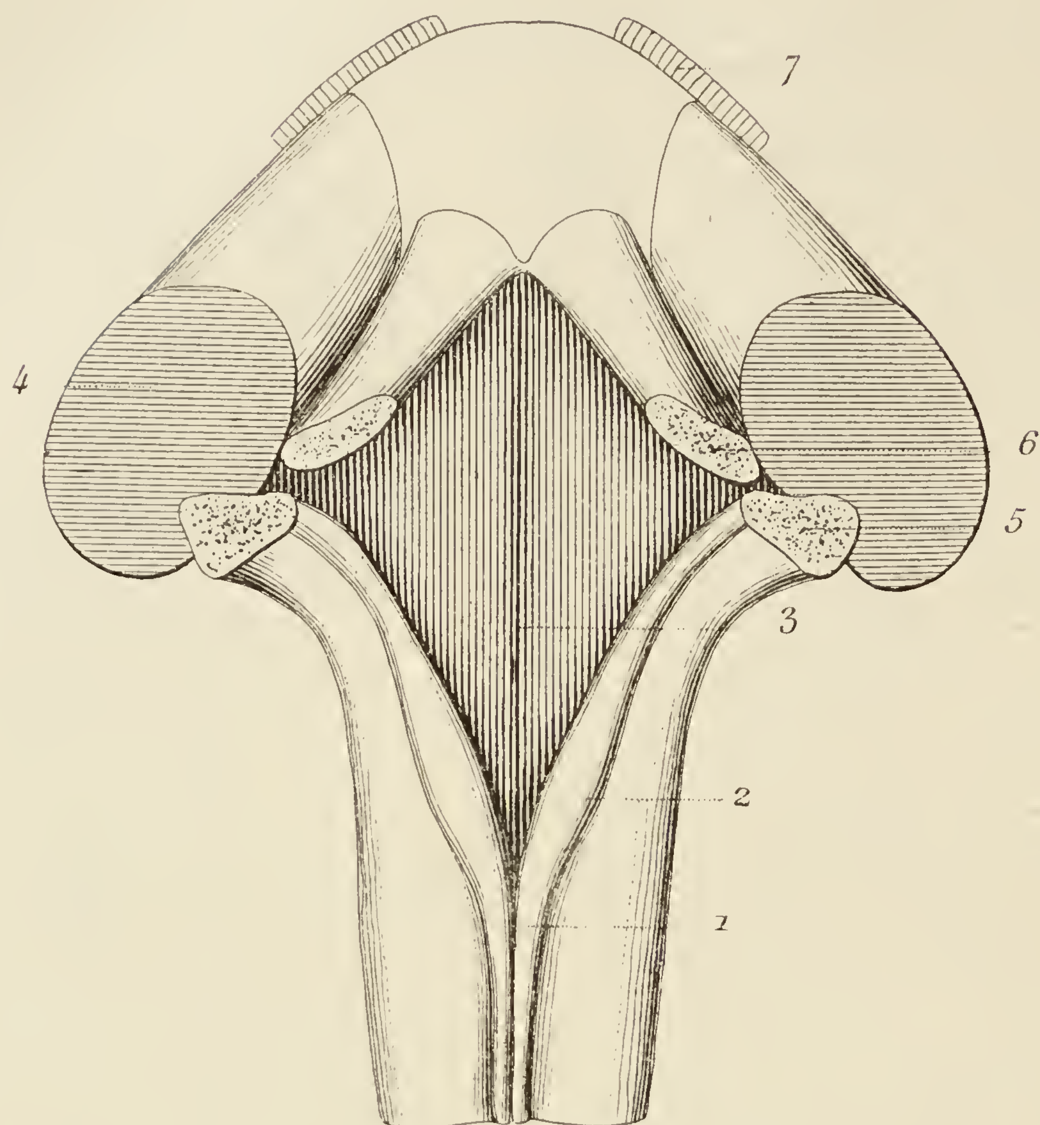


Fig. 271. — Protubérance et bulbe, vus par leur face postérieure (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

1, sillon médian postérieur du bulbe. — 2, pyramide postérieure. — 3, quatrième ventricule. — 4, pédoncul cérébelleux moyens. — 5, pédoncules cérébelleux inférieurs. — 6, pédoncules cérébelleux supérieurs. — pédoncules cérébraux.

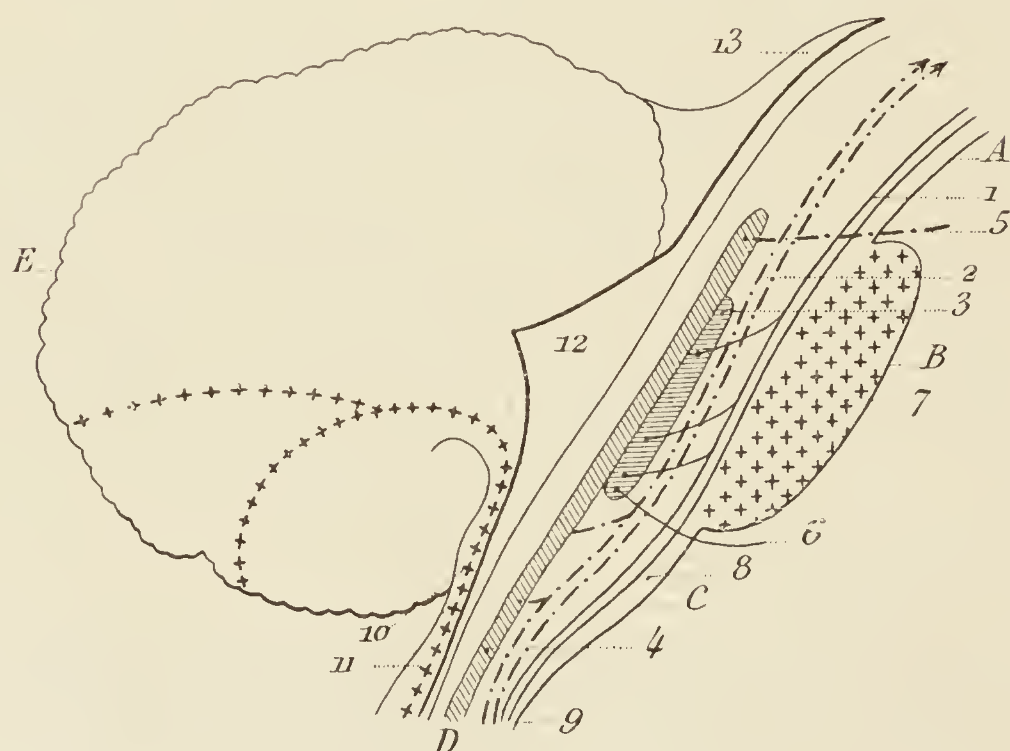


Fig. 272. — Coupe verticale et antéro-postérieure de la protubérance et du bulbe montrant la répartition schématique de la substance grise et de la substance blanche.

A, pédoncule cérébral. — B, protubérance. — C, bulbe. — D, moelle. — E, cervelet. — 1, faisceau cérébral centrifuge. — 2, faisceau cérébral centripète. — 3, 4, colonnes de substance grise recevant des fibres des deux faisceaux précédents et donnant naissance aux nerfs crâniens, 5, 6. — 7, section des fibres transversales du pédoncule cérébelleux moyen. — 8, pyramide antérieure. — 9, décussation. — 10, pyramide postérieure. — 11, pédoncule cérébelleux inférieur. — 12, quatrième ventricule. — 13, aqueduc de Sylvius.

2° *Ventricules latéraux.* — Il y en a un au centre de chaque hémisphère; ils communiquent avec le précédent et par son intermédiaire avec l'espace, qui renferme le liquide céphalo-rachidien; ils sont par suite remplis de liquide.

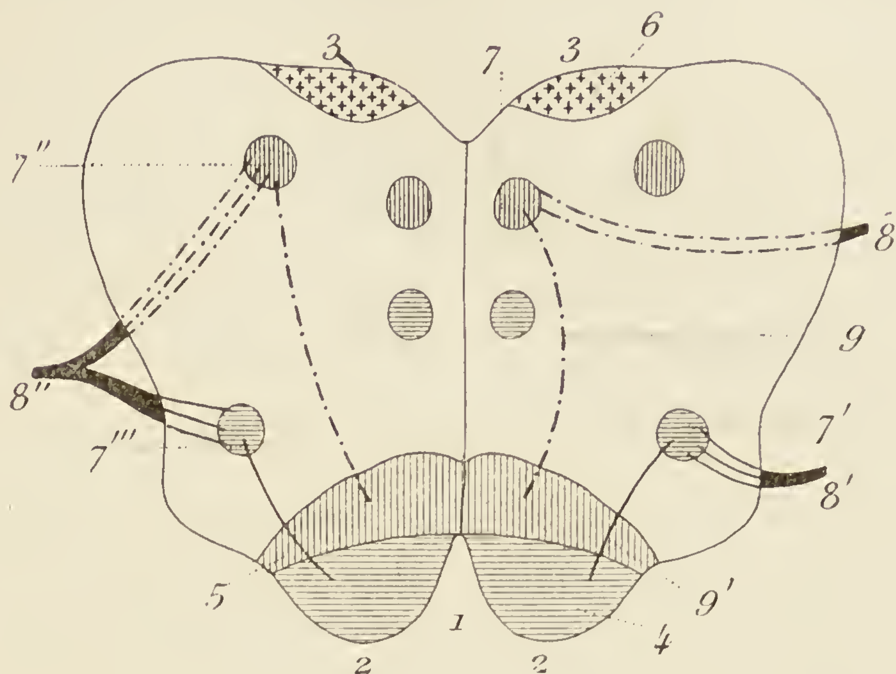


Fig. 273. — Conformation intérieure du bulbe, vu sur une coupe transversale.

1, sillon médian antérieur. — 2, 2, pyramides antérieures. — 3, 3, pyramides postérieures. — 4, fibres centrifuges, et 5, fibres centripètes du faisceau cérébral. — 6, faisceau cérébelleux. — 7, 7′, 7″, 7‴, noyaux gris donnant naissance à des nerfs, 8, 8′, 8″. — 9, 9′, fibres de communication entre le faisceau cérébral et les centres du bulbe.

2. — *Cervelet.*

Le cervelet est situé dans les fosses cérébelleuses entre l'occipital et la tente du cervelet, qui le sépare du lobe occipital du cerveau; son poids moyen est de 140 grammes.

A. Conformation extérieure. — Une scissure médiane le divise en deux *hémisphères cérébelleux*, unis par une portion médiane, le *vermis*. Il ne présente pas de circonvolutions, mais une série de sillons, qui le divisent en lames parallèles.

De sa face inférieure naissent trois faisceaux pairs, les *pédoncules cérébelleux*, qui l'unissent aux centres nerveux :

Les *supérieurs*, après entre-croisement, passent dans les pédoncules cérébraux et le relient au cerveau;

Les *moyens* s'entre-croisent également dans la protubérance, qu'elles mettent en relation avec le cervelet;

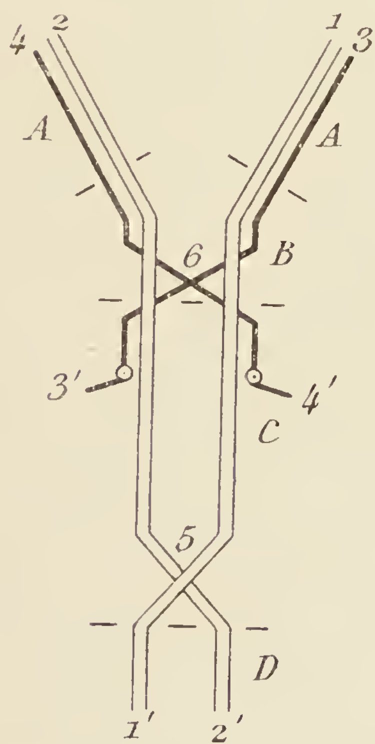


Fig. 274. — Entre-croisement des faisceaux cérébraux et décussation des pyramides.

A, A, pédoncules cérébraux. — B, protubérance. — C, bulbe. — D, moelle. — 1, 1′, 2, 2′, fibres des faisceaux cérébraux s'entre-croisant à la décussation, 5, et se continuant dans la moelle. — 3, 3′, 4, 4′, fibres des mêmes faisceaux s'entre-croisant dans la protubérance, 6, et s'arrêtant dans les noyaux du bulbe.

Les *inférieurs* se prolongent directement dans le bulbe et la moelle épinière.

B. CONFORMATION INTÉRIEURE. — Sur une coupe le cervelet comprend une *écorce de substance grise* et de la *substance blanche centrale*.

a. *Écorce grise*. — Elle est peu épaisse et suit le contour des lames et des sillons.

b. *Substance blanche centrale*. — Sur la coupe elle présente un aspect arborescent, d'où la dénomination d'*arbre de la vie*. De même que dans le cerveau, elle est formée de *fibres intrinsèques* et de *fibres extrinsèques*.

1° *Fibres intrinsèques*. — Unilatérales, elles relient deux points d'un même hémisphère; commissurales, elles sont intermédiaires entre les centres symétriques des deux hémisphères.

2° *Fibres extrinsèques*. — Elles passent de la substance blanche dans les pédoncules cérébelleux et constituent à la conduction nerveuse une voie d'aller et retour entre le cervelet et les autres centres nerveux.

3. — *Pédoncules cérébraux et protubérance annulaire*.

Les *pédoncules cérébraux* sont représentés par deux cordons blancs, épais et convergents, qui sortent de la base du cerveau et se terminent à l'extrémité antérieure de la protubérance, dans laquelle ils pénètrent. Ils ne renferment pas de noyaux cellulaires et ne sont formés que par des faisceaux conducteurs; chaque pédoncule reçoit de l'hémisphère correspondant les fibres centripètes et centrifuges, émanant de la capsule interne et qui servent d'intermédiaires entre le cerveau et les autres centres nerveux de la protubérance, du bulbe, de la moelle et du cervelet; elle gagnent ce dernier par les pédoncules cérébelleux supérieurs. Les fibres centrifuges se placent dans la moitié ventrale du pédoncule, les fibres centripètes dans sa moitié dorsale.

La *protubérance annulaire* est une masse quadrilatère, qui fait

saillie entre les pédoncules et le bulbe; sa face antérieure convexe est couchée sur l'occipital, sa face postérieure délimite avec le cervelet une cavité, le *quatrième ventricule*, qui communique avec le ventricule moyen par l'*aqueduc de Sylvius*.

Sur une coupe, la protubérance présente des noyaux gris cellulaires et des faisceaux blancs; de ceux-ci, les uns ont une direction transversale et proviennent des pédoncules cérébelleux moyens, les autres sont longitudinaux et font suite aux pédoncules cérébraux.

4. — *Bulbe.*

Il a la forme d'un tronc de cône, placé entre la protubérance et la moelle; il se continue avec celle-ci sans délimitation nette et est séparé de la première par une dépression transversale, le *sillon bulbo-protubérantiel*.

A. CONFORMATION EXTÉRIEURE.— A la face antérieure, on remarque un sillon médian et, de chaque côté de lui, deux saillies, les *pyramides antérieures*; sur la face postérieure est un sillon analogue, limité par deux cordons proéminents, les *pyramides postérieures*.

B. CONFORMATION INTÉRIEURE. — Le bulbe comprend de la substance grise et de la substance blanche.

a. *Substance grise*. — Elle se présente sous forme de noyaux, situés au voisinage de la face dorsale; ils constituent les centres d'origine des nerfs crâniens, qu'on voit émerger à la surface du bulbe.

b. *Substance blanche*. — Ses faisceaux conducteurs viennent les uns des pédoncules cérébraux par la protubérance, les autres des pédoncules cérébelleux inférieurs; des fibres, qui forment ces faisceaux, les unes vont se terminer dans les centres bulbaires, les autres traversent seulement le bulbe et se rendent dans la moelle épinière.

1° *Faisceaux cérébraux*. — En sortant de la protubérance, ils cons-

tituent les pyramides antérieures, dont la couche superficielle renferme les fibres centrifuges et la couche profonde les fibres centripètes. Dans la protubérance et à la partie inférieure du bulbe, les deux faisceaux se croisent, de sorte que toutes les fibres provenant de l'hémisphère gauche sont placées dans la moitié droite du bulbe et de la moelle et inversement; l'entre-croisement bulbaire, visible dans la profondeur du sillon médian, constitue la *décussation des pyramides*.

2° *Faisceaux cérébelleux*. — Ils forment les pyramides postérieures mais ne s'entre-croisent pas.

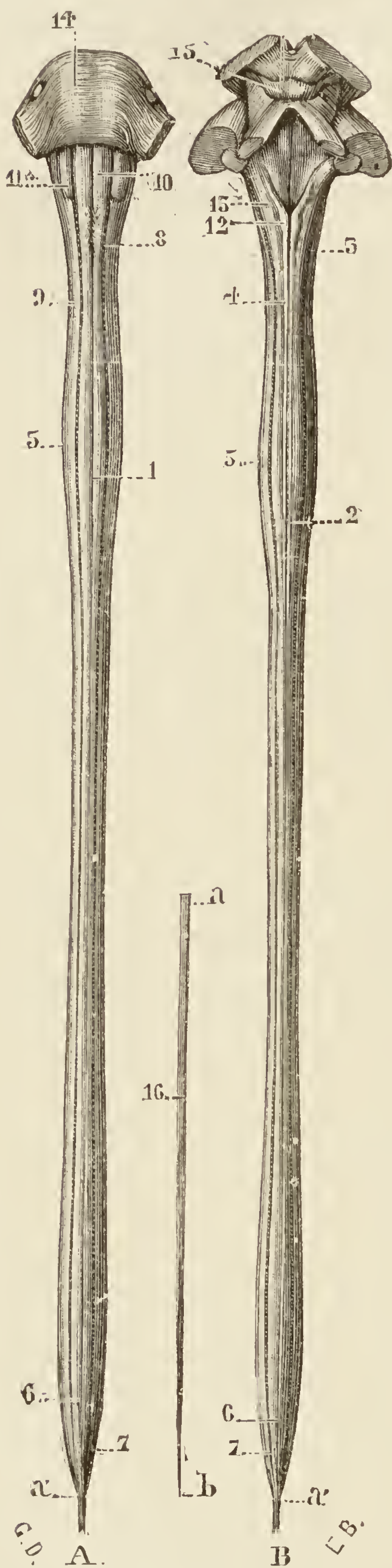


Fig. 275. — Moelle épinière (Testut, *Anatomie humaine*).

A, face antérieure. — B, face postérieure. — 1, sillon médian antérieur. — 2, sillon médian postérieur. — 5, renflement cervical. — 8, sillon antéro-latéral. — 10, 11, 12, 13, bulbe. — 14, protubérance.

§ 3. — Moelle épinière

La moelle épinière est la partie du névraxe occupant le canal vertébral; elle s'étend du trou occipital à la deuxième vertèbre lombaire.

A. Conformation extérieure.

— Elle a l'aspect d'un cordon blanc, cylindrique, avec deux renflements, l'un *cervical*, l'autre *lombaire*, qui correspondent aux origines des nerfs des membres.

Deux *sillons médians*, l'un *antérieur*, l'autre *postérieur*, la divisent en deux moitiés symétriques; chacune de celles-ci est subdivisée par deux *sillons latéraux* en trois cordons, un *antérieur*, un *latéral* et un *postérieur*. Dans les sillons latéraux naissent les nerfs rachidiens par une *racine antérieure* et une *racine postérieure*.

B. Conformation intérieure. — Une coupe transversale de la moelle présente de la *substance grise centrale* et de la *substance blanche périphérique.*

a. *Substance grise centrale.* — Elle comprend deux moitiés symétriques, placées dans les deux segments de la moelle et unies par un pont transversal, la *commissure grise.* Chaque moitié a en avant

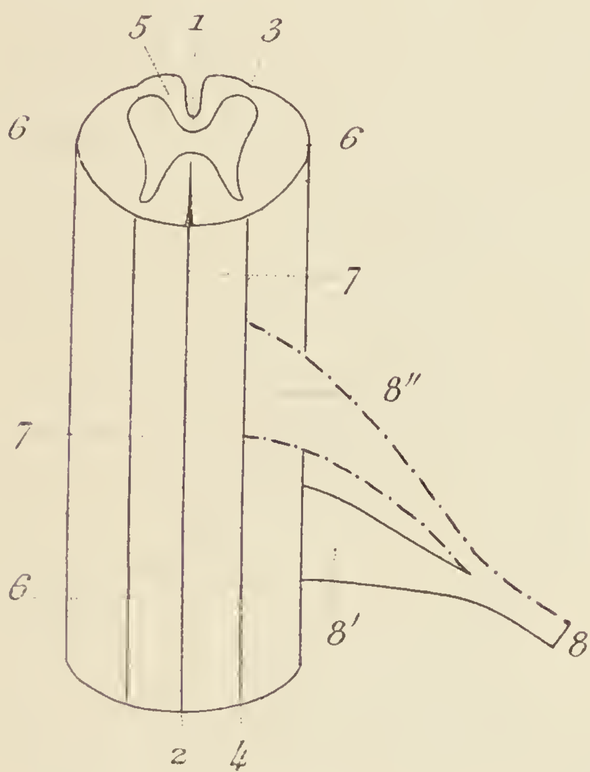


Fig. 276. — Un segment de moelle epinière, vu par sa face postérieure.

1. sillon médian antérieur. — 2, sillon médian postérieur. — 3, 4, sillons latéraux. — 5, cordons antérieurs. — 6, cordons latéraux. — 7, cordons postérieurs. — 8, nerf rachidien, avec 8'. sa racine antérieure, et 8'', sa racine postérieure.

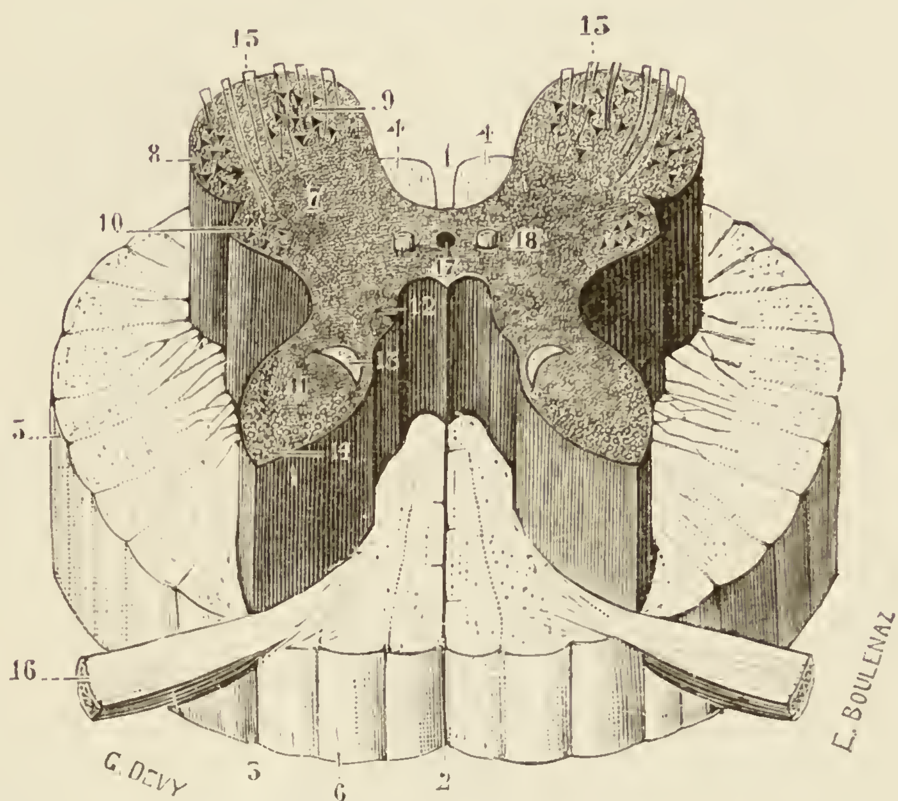


Fig. 277. — Répartition de la substance grise et de la substance blanche dans la moelle épinière (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2. sillons médians antérieur et postérieur. — 3, sillon latéral postérieur. — 4, cordon antérieur. — 5. cordon latéral. — 6, cordon postérieur. — 7, corne antérieure avec ses noyaux, 8, 9, 10. — 11, corne postérieure avec ses noyaux, 12. 14. — 15, 16, racines antérieure et postérieure. — 17. canal épendymaire. — 18, commissure grise.

un prolongement épais et arrondi, la *corne antérieure*, en arrière un autre prolongement mince et effilé, la *corne postérieure*; au centre de la commissure grise est le *canal épendymaire*, qui débouche en haut dans le quatrième ventricule.

Les cellules de la substance grise sont groupées en amas, qui apparaissent sous forme de noyaux isolés sur une coupe transversale et représentent des colonnes continues sur une coupe longitudinale; ces centres superposés donnent naissance dans la corne antérieure à la racine antérieure, dans la corne postérieure à la racine postérieure des nerfs rachidiens.

b. *Substance blanche périphérique.* — Elle forme les cordons de la moelle et comprend des *fibres intrinsèques* et des *fibres extrinsèques.*

1° *Fibres intrinsèques.* — Elles occupent surtout le cordon antéro-latéral et sont, comme dans le cerveau, de deux sortes :

Les *fibres unilatérales*, qui unissent les noyaux d'un même étage ou des différents étages gris dans un moitié de la moelle.

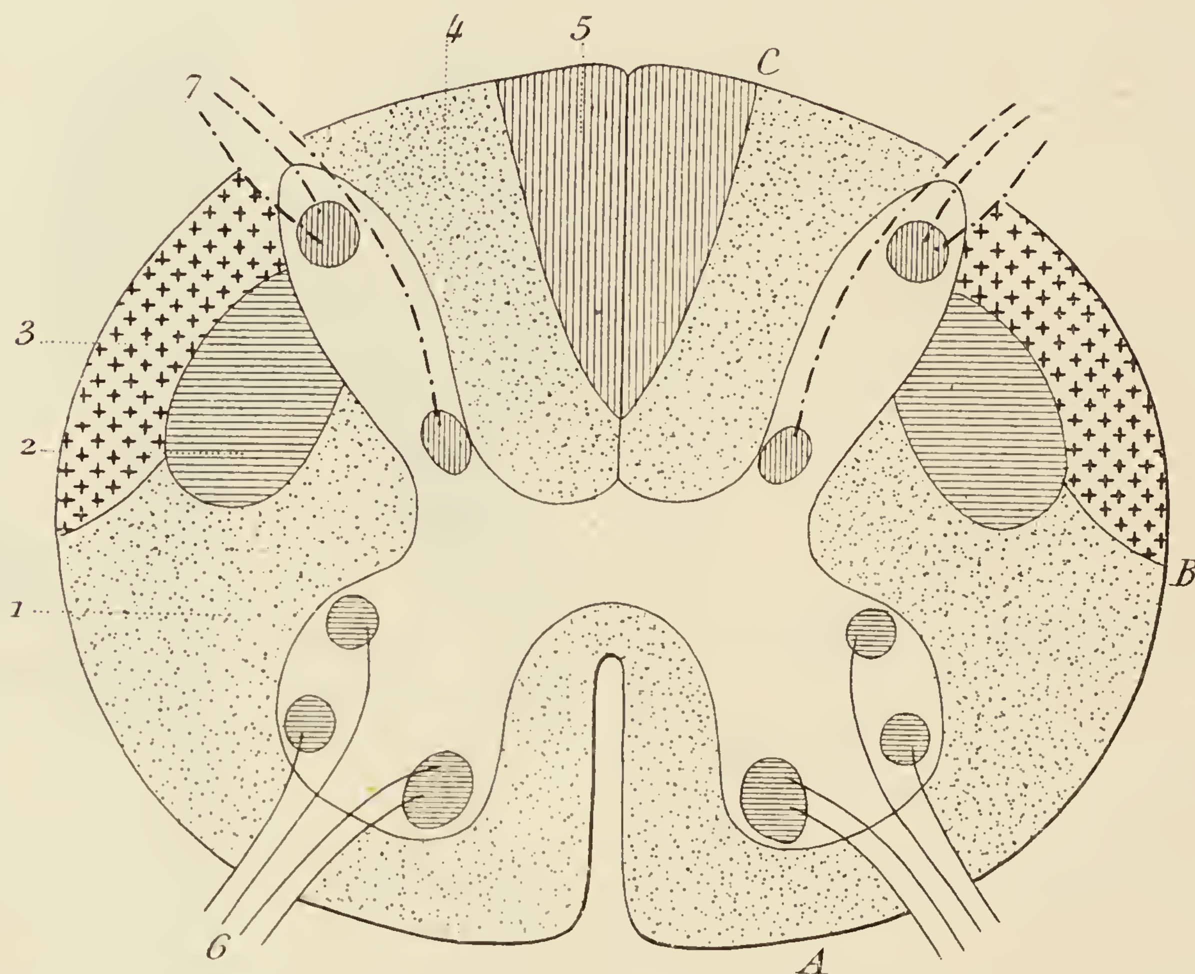


Fig. 278. — Coupe schématique transversale de la moelle épinière, montrant la répartition des principaux faisceaux dans la substance blanche.

A, B, cordon antéro-latéral, avec 1, faisceau de fibres intrinsèques, 2, fibres centrifuges du faisceau cérébral, 3, faisceau cérébelleux. — C, cordon postérieur, avec 4, faisceau de fibres intrinsèques, 5, fibres centripètes du faisceau cérébral. — 6, racine antérieure prenant naissance dans les noyaux de la corne antérieure. — 7, racine postérieure allant aux noyaux de la corne postérieure.

Les *fibres commissurales*, qui sont intermédiaires entre les centres des deux moitiés de la moelle.

2° *Fibres extrinsèques.* — Elles mettent l'axe médullaire en connexion avec les centres sus-jacents de l'encéphale et constituent le faisceau cérébral et le faisceau cérébelleux, qui passent du bulbe à la moelle.

Le *faisceau cérébral* contient des fibres centrifuges, qui suivent le cordon antéro-latéral, et des fibres centripètes, placées dans le cordon postérieur ; son volume diminue de haut en bas, parce que

ses éléments constitutifs pénètrent dans la subtance grise et se mettent en relation avec les noyaux d'origine des racines rachidiennes.

Le *faisceau cérébelleux* a son origine dans le pédoncule cérébelleux inférieur et passe dans le cordon antéro-latéral.

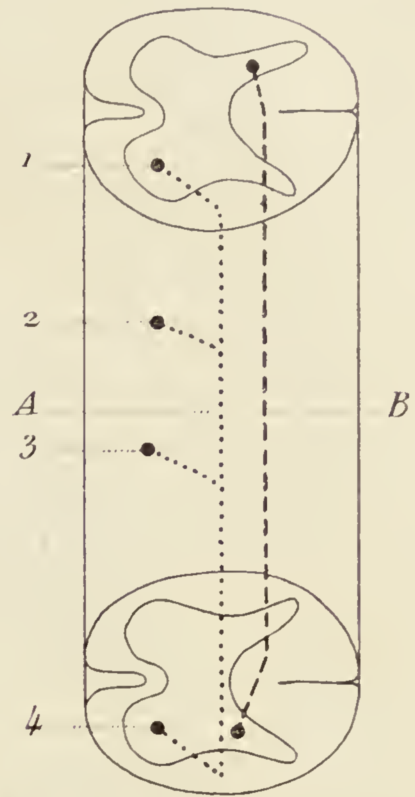


Fig. 279. — Représentation schématique des fibres intrinsèques de la moelle épinière.

A, fibre unilatérale du cordon antéro-latéral faisant communiquer les noyaux 1, 2, 3, 4 d'une même corne antérieure. — B, fibre commissurale reliant deux noyaux des cornes postérieures et placé dans le cordon postérieur.

§ 4. — Système nerveux périphérique

Les nerfs sont des cordons blancs cylindriques, plus ou moins volumineux, qui font communiquer le système nerveux central avec le reste de l'organisme.

A. Trajet. — Ils suivent en général le trajet des artères ; d'abord profondément situés, ils deviennent superficiels et se bifurquent au fur et à mesure qu'ils se rapprochent de la périphérie ; ils s'anastomosent par leurs filets terminaux.

B. Structure. — La structure du nerf a une grande analogie avec celle du muscle : les fibres nerveuses se groupent en *faisceaux primaires*, entourés d'une gaine ; ceux-ci s'unissent à leur tour pour former des *faisceaux secondaires*, maintenus également par une enveloppe ; une membrane commune englobe un nombre variable de faisceaux secondaires, pour former le cordon nerveux.

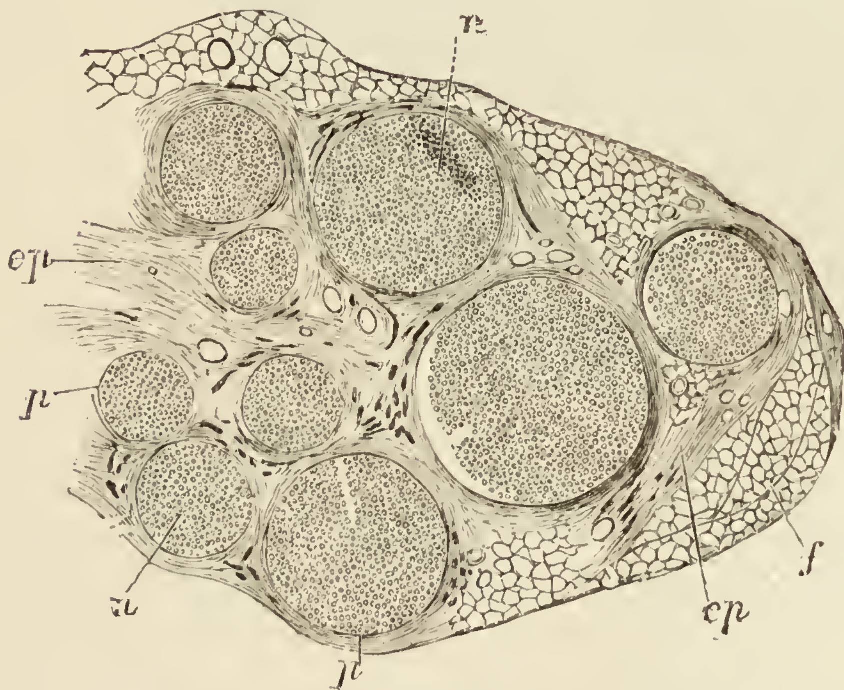


Fig. 280. — Structure d'un nerf (Testut, *Anatomie humaine*).

n, fibres nerveuses. — *p*, enveloppe d'un faisceau primaire. — *e p*, enveloppe commune à un groupe de faisceaux primaires formant un faisceau secondaire.

C. Propriétés. — Le nerf a, comme ses fibres constitutives, la

propriété de conduire l'influx nerveux : quand ce dernier chemine de la périphérie sensible vers les noyaux centraux, le nerf est *centripète* ou *sensitif* ; quand l'adaptation est faite pour la conduction en sens inverse, ayant généralement comme aboutissant un muscle,

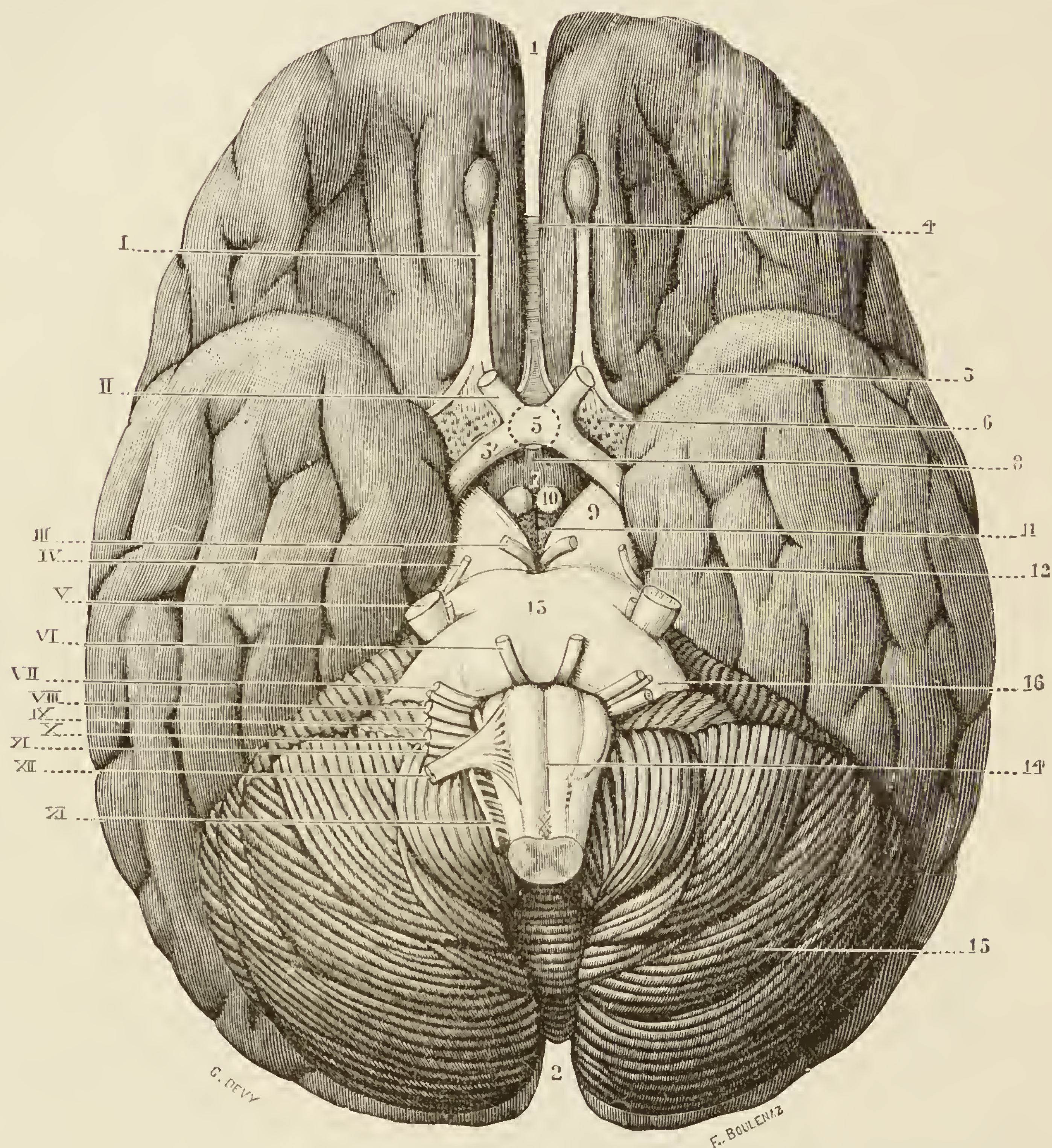


Fig. 281. — Origine des nerfs crâniens à la base du crâne (Testut, *Anatomie humaine*).

1, 2, scissure interhémisphérique. — 3, scissure de Sylvius. — 4, corps calleux. — 5, chiasma optique. — 9, pédoncules cérébraux. — 13, protubérance. — 14, bulbe. — 15, cervelet. — 16, pédoncule cérébelleux moyen.
I, nerf olfactif. — II, optique. — III, moteur oculaire commun. — IV, pathétique. — V, trijumeau. — VI, moteur oculaire externe. — VII, facial. — VIII, auditif. — IX, glosso-pharyngien. — X, pneumo-gastrique. — XI, spinal. — XII, grand hypoglosse.

le nerf est *centrifuge* ou *moteur* ; il est *mixte*, lorsque ses fibres sont les unes centripètes, les autres centrifuges. En raison de la spécialisation des éléments primitifs de la sensibilité et de leur groupement en organes des sens, les nerfs sensitifs se sont eux-mêmes différenciés et se distinguent en *nerfs sensitifs proprement*

dits, qui transmettent les impressions du toucher, et *nerfs sensoriels*, en relation avec les organes de la vue, de l'ouïe, de l'odorat et du goût.

D. Répartition. — Les nerfs naissent du névraxe par paires et d'une façon symétrique ; on compte 12 paires de *nerfs crâniens* et 31 paires de *nerfs rachidiens*.

a. *Nerfs crâniens*. — Ils se détachent de l'encéphale et traversant les trous de la base du crâne, pour se distribuer aux différentes parties de la face. Nous les résumons dans le tableau de la page suivante avec l'origine, les terminaisons et les fonctions de chacun.

b. *Nerfs rachidiens*. — Ils naissent de la moelle par deux racines, qui se fusionnent en un tronc unique, sortant du canal vertébral par le trou de conjugaison. Aussitôt après avoir traversé ce dernier, certains nerfs rachidiens s'anastomosent entre eux et forment des réseaux nerveux, appelés *plexus*, qui donnent naissance aux branches terminales ; ces plexus sont au nombre de trois :

1° *Plexus cervical*. — Ses branches vont à la peau et aux muscles du cou ; la plus importante est le *phrénique*, nerf moteur du diaphragme.

2° *Plexus brachial*. — Il innerve tout le membre supérieur et compte comme troncs principaux les nerfs *médian*, *cubital* et *radial*, dont les filets terminaux descendent jusqu'aux extrémités des doigts.

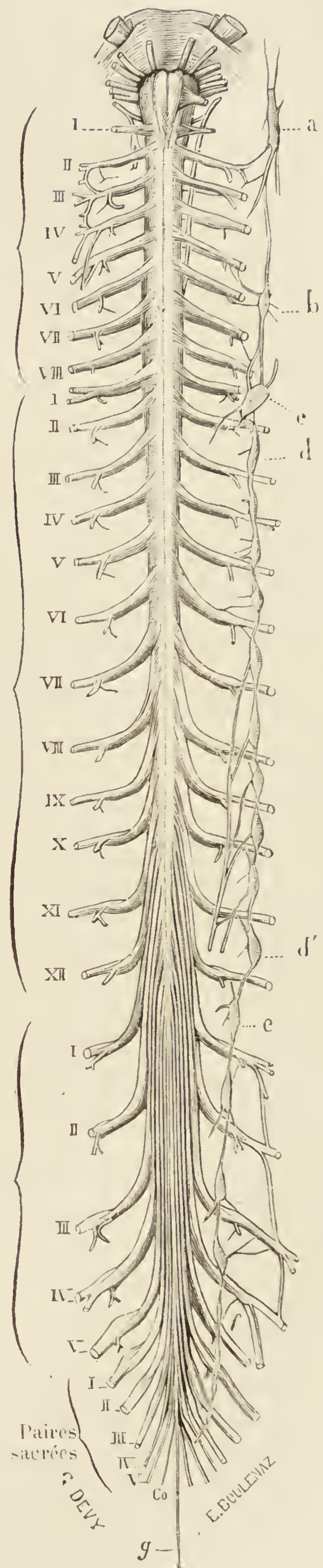


Fig. 282. — Vue d'ensemble des nerfs rachidiens (Testut, *Anatomie humaine*).

3° *Plexus lombo-sacré*. — Il donne des rameaux aux organes du bassin et au membre inférieur ; le *sciatique*, qui est le nerf le plus volumineux du corps, en provient et descend en arrière de la cuisse jusqu'au creux du jarret, où il se bifurque en deux branches terminales, destinées à la jambe et au pied.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES NERFS CRANIENS

NERFS	ORIGINE	TERMINAISON	FONCTIONS
1. *Olfactif.*	Se détache d'un renflement, le *lobe olfactif*, placé sous le lobe frontal.	Muqueuse nasale.	Sensoriel : odorat.
2. *Optique.*	Naît à la base du cerveau du *chiasma optique*, formé par l'entre-croisement des *bandelettes optiques*.	Rétine.	Sensoriel : vue.
3. *Moteur oculaire commun.*	En dedans du pédoncule cérébral.	Muscles des globes oculaires.	Moteur: mouvements des yeux.
4. *Pathétique.*	En dehors du pédoncule cérébral.	Muscles des globes oculaires.	Moteur: mouvements des yeux.
5. *Trijumeau.*	Face antérieure de la protubérance.	Peau de la face, muscles de la mastication.	Mixte : sensibilité de la face, mouvements de mastication.
6. *Moteur oculaire externe.*	Sillon bulbo-protubérantiel.	Muscles des globes oculaires.	Moteur : mouvements des yeux.
7. *Facial.*	Côté latéral du bulbe.	Muscles de la face.	Moteur : mouvements de la face.
8. *Auditif.*	Bulbe, au-dessous du précédent.	Oreille.	Sensoriel : ouïe.
9. *Glosso-pharyngien.*	Bulbe, au-dessous du précédent.	Pharynx, voile du palais, langue.	Mixte et sensoriel : sensibilité du pharynx, mouvements du pharynx, du voile du palais et de la langue ; goût.
10. *Pneumo-gastrique.*	Bulbe au-dessous du précédent.	Poumon, cœur, estomac, foie, intestin.	Mixte : sensibilité et mouvements des viscères.
11. *Spinal.*	Partie inférieure du bulbe et moelle cervicale.	Muscles du larynx.	Moteur : phonation.
12. *Grand hypoglosse.*	Face antérieure du bulbe.	Langue.	Moteur : articulation des sons.

CHAPITRE III

PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAL

Au point de vue physiologique aussi bien qu'anatomique, le système nerveux cérébro-spinal peut être comparé à un réseau télégraphique compliqué, dont les fils seraient les nerfs périphériques et les faisceaux blancs centraux, tandis que les noyaux du névraxe et les organes, avec lesquels ils sont en relation, formeraient les appareils expéditeurs et enregistreurs des dépêches. Pour pénétrer le fonctionnement de l'appareil télégraphique et de l'appareil nerveux, il est indispensable d'avoir saisi l'organisation à la fois complexe et cependant systématisée de l'un et de l'autre : il se réduit à la connaissance des communications à établir entre le dédale de fils et de postes, pour la transmission et l'orientation du courant électrique dans le premier cas, nerveux dans le second.

Pour l'étude anatomique du système nerveux, nous avons suivi l'épanouissement du réseau conducteur avec ses centres secondaires, en partant du cerveau, station principale ; afin de nous rendre compte de son fonctionnement, nous prendrons la voie inverse et nous déterminerons la marche de l'influx nerveux depuis la périphérie, en passant par les postes intermédiaires échelonnés dans la névraxe, jusqu'au cerveau, poste central, où convergent toutes les voies.

Les nerfs périphériques ne sont formés que de fibres et constituent, par conséquent, exclusivement des voies conductrices ; mais les différents organes du névraxe contiennent à la fois des faisceaux blancs conducteurs et des centres gris actifs : leur organisation permet de prévoir qu'ils exercent simultanément un rôle de transmission et un rôle autonome.

Avant d'aborder le fonctionnement du système nerveux cérébro-spinal, il est utile de connaître les *procédés* employés pour l'étudier; nous exposerons ensuite la *physiologie du système nerveux périphérique* et celle des *organes du névraxe*, en suivant l'ordre imposé par leur complication croissante, c'est-à-dire en remontant de la moelle au cerveau.

§ 1. — Procédés d'étude

Les procédés, auxquels on a recours pour l'étude de la physiologie nerveuse, sont l'*expérimentation* et l'*observation des malades*.

A. Expérimentation. — Elle consiste soit dans la *destruction*, soit dans l'*excitation* d'une portion du sytème nerveux; on observe les troubles, qui en résultent dans l'un et l'autre cas.

a. *Destruction*. — Pour détruire un nerf, on le sectionne, ce qui interrompt la conductibilité: s'il est centriprète, une sensation, émanant du territoire qu'il innerve, ne pourra plus être transmise et par conséquent ne sera pas perçue, autrement dit, ce territoire sera anesthésié; s'il est centrifuge, l'incitation motrice n'aboutira plus aux muscles innervés, en d'autres termes, il y aura paralysie de ces muscles. Pour détruire une région limitée du névraxe, on procède à son extirpation et on note les manifestations, auxquelles elle donne lieu.

b. *Excitation*. — Elle s'adresse plus volontiers au nerf qu'au système nerveux central; elle est transmise à distance jusqu'aux centres nerveux, lorsque le nerf est centripète, jusqu'à l'organe périphérique, en général un muscle, quand il est centrifuge: dans le premier cas, elle se traduit par une impression sensitive, que l'animal perçoit et manifeste par une réaction douloureuse; dans le second, elle produit un mouvement.

La vitesse de transmission de l'excitation nerveuse est de 30 mètres par seconde.

Les excitants du nerf sont analogues à ceux du muscle et sus-

ceptibles de la même classification ; on distingue les excitants mécaniques (pincement), physiques (électricité), chimiques (caustiques) et un excitant physiologique, la volonté. Pour l'expérimentation, on a recours habituellement à l'électricité sous forme de courants induits.

B. Observation des malades. — On a d'abord remarqué que des paralysies de certains groupes musculaires ou des troubles de sensibilité dans une région déterminée relèvent de lésions localisées à certains points du névraxe, toujours les mêmes. Des constatations analogues ont été faites à la suite de fractures, de coups de feu, ayant détruit accidentellement certaines parties du système nerveux ; de même, après une amputation, les nerfs, qui allaient au segment de membre enlevé, subissent une altération, qu'on peut suivre jusqu'à leurs noyaux d'origine dans le névraxe.

§ 2. — Fonction des nerfs

La connaissance de la physiologie du *nerf en général* rendra aisée la compréhension des fonctions particulières de chacun des *nerfs crâniens* et *rachidiens*.

A. Étude du nerf en général. — L'expérimentation permet facilement de se rendre compte du rôle d'un nerf et du territoire sensitif ou moteur, qui lui est affecté. On sectionne d'abord le cordon nerveux et on constate les troubles de la sensibilité ou de la motilité, qui surviennent ; lorsqu'on excite ensuite successivement le bout central et le bout périphérique, trois éventualités peuvent se produire :

1° L'excitation du bout périphérique ne donne rien, celle du bout central produit une impression, que l'animal manifeste par de la douleur et par un mouvement réflexe : il s'agit d'un *nerf sensitif* ;

2° L'excitation du bout central est indifférente, celle du bout périphérique provoque un mouvement : on est en présence d'un *nerf moteur* ;

3° L'excitation du bout central est suivie d'une impression douloureuse, celle du bout périphérique d'une contraction musculaire; le nerf est *mixte*.

Un *nerf sensitif proprement dit* transmet la sensation de contact, de température, de douleur ; un *nerf sensoriel* est spécialisé en vue de la conduction d'une impression toujours identique pour le même cordon nerveux, quelle que soit la nature de l'excitant. Ainsi nous éprouvons une sensation lumineuse, qu'on fasse agir sur la rétine un rayon de lumière, un courant électrique ou un choc ; l'électrisation de la langue produit de même une sensation gustative.

B. Nerfs craniens. — L'étude fonctionnelle, d'accord avec les données anatomiques, permet de répartir les 12 nerfs crâniens en trois groupes comme suit :

3 nerfs sensoriels : olfactif, optique, auditif ;

6 nerfs moteurs : moteur oculaire commun, pathétique, moteur oculaire externe, facial, spinal, grand hypoglosse ;

3 nerfs mixtes : trijumeau, glosso-pharyngien, pneumogastrique.

Il n'y a pas de nerf sensititif pur.

C. Nerfs rachidiens. — Ils sont tous mixtes, mais si les fibres centrifuges et centripètes sont juxtaposées dans le cordon nerveux, elles se séparent complètement dans les racines. La section d'une racine antérieure paralyse, en effet, complètement les muscles de la région, qui dépend du nerf, et celle d'une racine postérieure abolit la sensibilité dans le territoire correspondant ; l'excitation du bout périphérique d'une racine antérieure se traduit par la contrac-

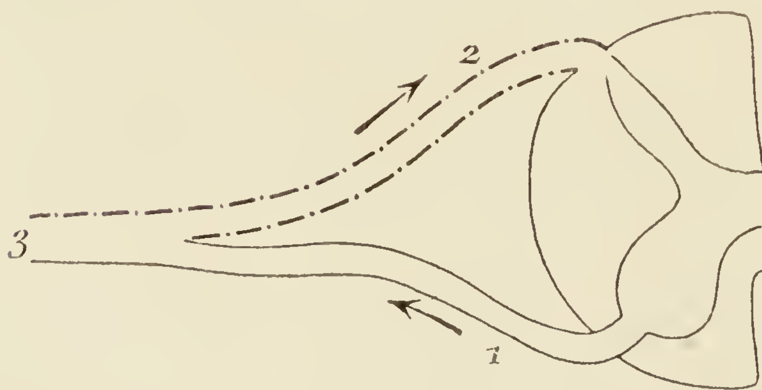


Fig. 283. — Conduction dans les racines rachidiennes.

1, racine antérieure motrice. — 2, racine postérieure sensitive. — 3, nerf rachidien mixte.

tion des muscles qu'elle innerve, celle du bout central reste indifférente ; l'excitation du bout central d'une racine postérieure produit une réaction douloureuse et un mouvement réflexe, celle du bout périphérique ne donne rien.

Donc la racine antérieure renferme les fibres centrifuges ou motrices, la racine postérieure contient les fibres centripètes ou sensitives.

§ 3. — Fonctions de la moelle

La moelle est à la fois un *organe de transmission* par ses faisceaux blancs extrinsèques, mettant ses différents noyaux en relation avec l'encéphale, et un *organe d'action* par ses centres gris.

A. Rôle conducteur. — Pour constater les connexions, qui existent entre l'axe médullaire et les centres nerveux situés au-dessus, il suffit de les détruire, en sectionnant la moelle au niveau du cou chez une grenouille : celle-ci présente une paralysie et une anesthésie de toutes les parties du corps, situées en arrière de la section ; elle ne peut plus faire exécuter de mouvements volontaires aux muscles du territoire paralysé et ne manifeste plus aucune douleur, lorsqu'on pince, par exemple, la peau de la même région. Toutes les communications entre les centres supérieurs et la moelle ont donc été interceptées.

Par quelles voies se transmettent à travers l'axe médullaire les ordres moteurs, venant de l'encéphale pour aboutir à la racine antérieure, et les impressions sensitives qui arrivent par la racine postérieure pour remonter au cerveau ? L'anatomie nous a montré que la moelle communique avec le cerveau et le cervelet : il existe donc une *voie cérébrale* et une *voie cérébelleuse*.

a. *Voie cérébrale*. — De l'expérience précitée on peut déjà conclure qu'il existe une double voie de conduction, l'une pour la motilité, l'autre pour la sensibilité.

1° *Faisceau cérébral moteur*. — La section transversale du cordon antéro-latéral produit une paralysie des muscles situés au-dessous

et du même côté; l'irritation du bout périphérique entraîne des contractions dans les groupes musculaires paralysés. Le cordon antéro-latéral renferme donc la voie motrice : elle est constituée, en effet, par les fibres centrifuges du faisceau cérébral.

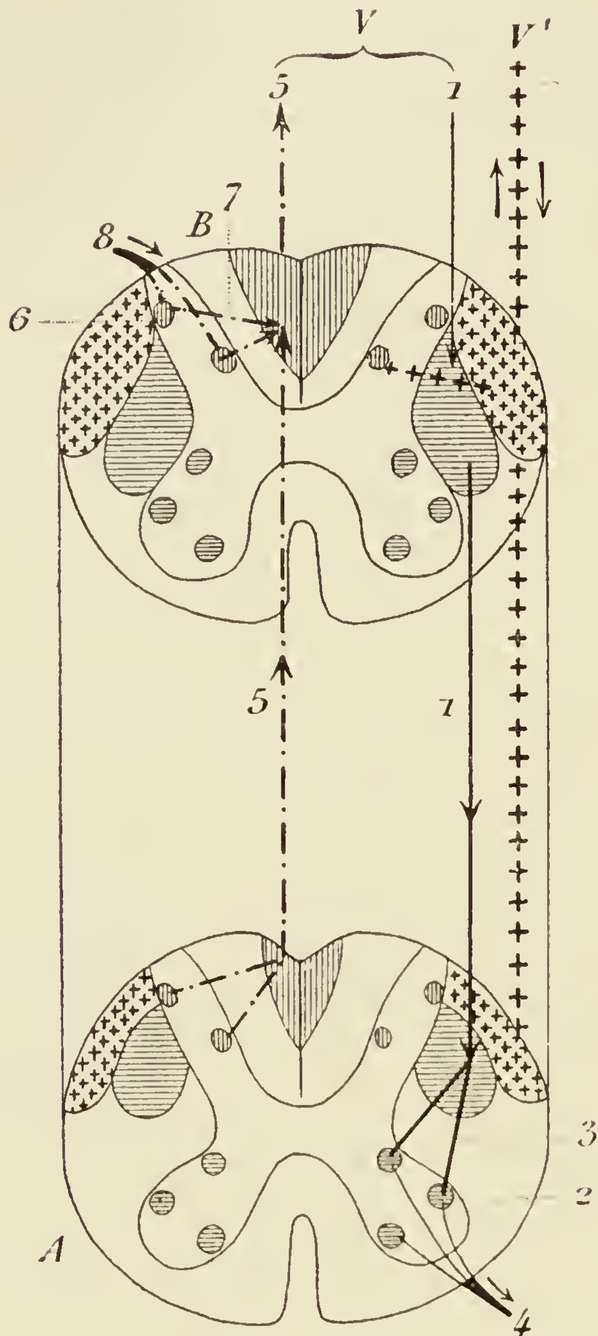


Fig. 284. — Schéma des voies de conduction médullaires et leurs connexions avec les noyaux d'origine des nerfs rachidiens.

A, cordon antéro-latéral. - B. cordon postérieur. — V, voie cérébrale comprenant :

1, faisceau cérébral moteur ; — 2, noyaux moteurs ; — 3, leurs connexions avec le faisceau ; — 4, racine antérieure ; — 5, faisceau cérébral sensitif ; — 6, noyaux sensitifs ; — 7, leurs connexions avec le faisceau ; — 8, racine postérieure. — V', voie cérébelleuse centrifuge et centripète.

2° *Faisceau cérébral sensitif.* — Lorsqu'on sectionne la moelle, à l'exception du cordon postérieur, les impressions sensitives continuent à se transmettre; son excitation détermine des manifestations douloureuses : donc le cordon postérieur est conducteur de la sensibilité ; ce rôle incombe aux fibres centripètes du faisceau cérébral qu'il renferme.

b. *Voie cérébelleuse.* — Elle est constituée par le faisceau cérébelleux, situé dans le cordon antéro-lateral ; nous verrons son rôle, en étudiant la physiologie du cervelet.

B. Rôle autonome. — L'activité propre de la moelle a pour siège les *amas cellulaires* de la substance grise et se manifeste par des *actes inconscients.*

a. *Centres médullaires.* — Ils sont de deux ordres, *moteurs* et *sensitifs.*

1° *Centres moteurs.* — Ils siègent dans les noyaux de la corne antérieure, qui reçoivent des fibres centrifuges du faisceau moteur et dont naissent les racines motrices des nerfs rachidiens, qui se rendent aux muscles du tronc et des membres. On peut admettre que chaque muscle a son centre moteur dans la moelle; chaque groupe musculaire est, en outre,

régi par un centre commun ; enfin les différents groupes de muscles, dont l'entrée en jeu réalise les mouvements complexes, obéissent encore à l'action commune d'un centre plus important.

2° *Centres sensitifs.* — Constitués par les noyaux de la corne postérieure, ils sont en relation d'une part avec les fibres centripètes du faisceau cérébral, de l'autre avec les racines postérieures, qui lui transmettent les impressions périphériques.

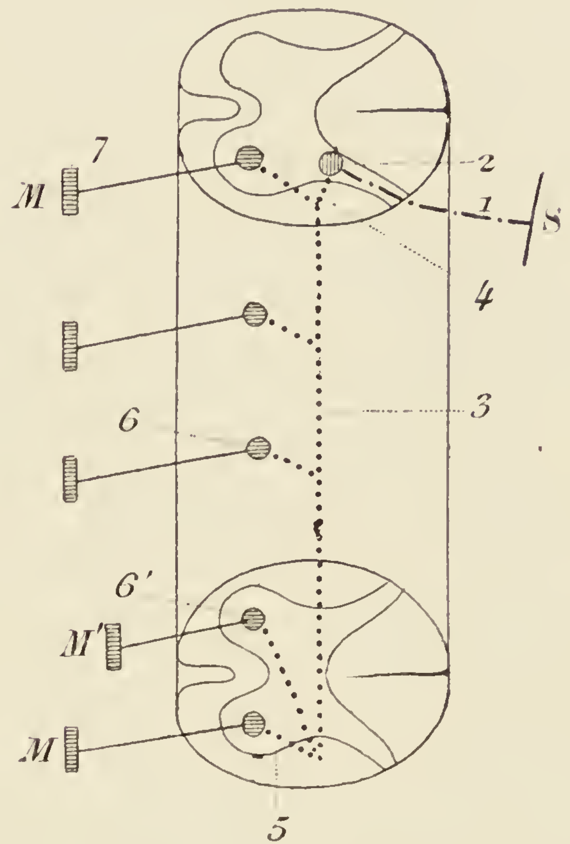


Fig. 285. — Schéma de l'acte réflexe.

S, surface sensible. — M, M, muscle de la moitié correspondante du corps. — M', muscle du côté opposé. — 1, nerf sensitif. — 2, son noyau d'origine. — 3, fibre intrinsèque en relation par 4, avec le noyau sensitif, par 5, avec des noyaux moteurs, 6, 6'. — 7, nerf moteur.

b. *Actes inconscients.* — La moelle accomplit deux séries d'actes inconscients, les uns *réflexes*, les autres *automatiques*.

1° *Acte réflexe.* — Nous en avons rencontré un premier type dans le mouvement réflexe inconscient ; la sécrétion des sucs digestifs, celle de la sueur en offrent des exemples empruntés à la vie organique. Nous sommes à même de préciser maintenant les voies de transmission, qui constituent l'arc réflexe. Jetez dans un récipient rempli d'eau une grenouille décapitée : elle nagera, mais inconsciemment, car elle ne sait ni s'arrêter, ni se diriger pour éviter les obstacles. Voici l'explication du phénomène : l'impression produite sur la peau par le contact du liquide est transmise par un nerf centripète à un noyau sensitif de la corne postérieure, qui lui fait subir une modification spéciale et, par l'intermédiaire d'un faisceau intrinsèque, l'expédie à un noyau moteur de la corne antérieure ; celui-ci la transforme en une incitation motrice, qui suit la voie centrifuge de la racine antérieure et aboutit aux muscles, chargés d'effectuer le mouvement de natation. Chatouillez la plante du pied d'un homme endormi : il retire la jambe par un mouvement inconscient, dont le mécanisme de production est identique. Placez un goutte de vinaigre sur la

langue : aussitôt la salive est sécrétée abondamment; l'entrée en action de l'organe de sécrétion s'explique de la même manière, mais le nerf centrifuge aboutit à une glande, au lieu de se terminer dans un muscle, et l'excitation se manifeste par une sécrétion, au lieu de provoquer une contraction.

En somme, quand on sépare la moelle de l'encéphale, on abolit les mouvements volontaires et les sensations conscientes, qui ont leur siège dans le cerveau, mais on ne supprime pas d'une façon absolue la motilité et la sensibilité, qui persistent sous forme d'actes réflexes tenant au pouvoir excito-moteur des noyaux gris médullaires; ceux-ci ne possèdent pas le pouvoir auto-moteur, car ils n'entrent jamais en action spontanément.

2° *Acte automatique.* — Un acte, d'abord volontaire et conscient peut par l'habitude devenir automatique, le cerveau sous-déléguant pour ainsi dire son exécution à la moelle. Chez l'enfant l'apprentissage de la marche nécessite une application constante et attentive de la volonté, mais chez l'adulte elle devient machinale, le cerveau du marcheur pouvant même être occupé ailleurs, à une lecture par exemple. L'acte automatique n'est, en réalité, qu'un acte réflexe : c'est le contact de la plante du pied avec le sol, qui a pour effet réflexe la contraction des muscles utiles à la locomotion. Mais si l'on peut progresser sous l'impulsion de la moelle, on ne saurait ni accélérer, ni ralentir, ni s'arrêter, ni tourner sans l'intervention du cerveau : un homme distrait se trompe de chemin, parce qu'il marche comme un aveugle privé de son bâton.

§ 4. — Fonctions de l'encéphale

1. — *Bulbe.*

Le bulbe est également un *organe de transmission* par sa substance blanche, qui relie la moelle et les centres bulbaires au cerveau et au cervelet, et un *organe d'action* par ses noyaux gris.

A. Rôle conducteur. — a. *Voie cérébrale.* — Des connexions anatomiques du bulbe il résulte que la pyramide antérieure ren-

ferme un faisceau d'origine cérébrale, dont les fibres centrifuges sont superficielles et les fibres centripètes profondément situées ; les deux faisceaux se croisent, en formant la décussation des pyramides. L'expérimentation physiologique va nous montrer qu'il existe dans le bulbe une double voie de conduction, l'une *motrice*,

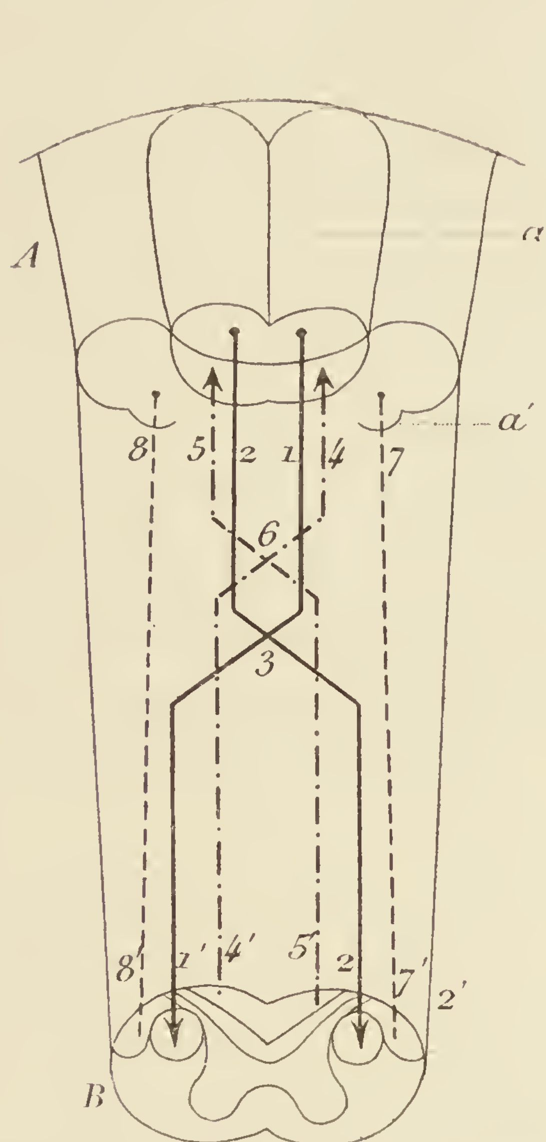


Fig. 286. — Schéma représentant le passage des faisceaux conducteurs de la moelle dans le buble (d'après Testut, *Anatomie humaine*).

A, bulbe avec *a*, pyramide antérieure, *a'*, pyramide postérieure. — B, moelle. — 1, 1', 2, 2', faisceaux cérébraux moteurs, s'entre-croisant en 3. — 4, 4', 5, 5', faisceaux cérébraux sensitifs s'entre-croisant en 6. — 3 et 6, décussation des pyramides. — 7, 7', 8, 8', faisceaux cérébelleux directs.

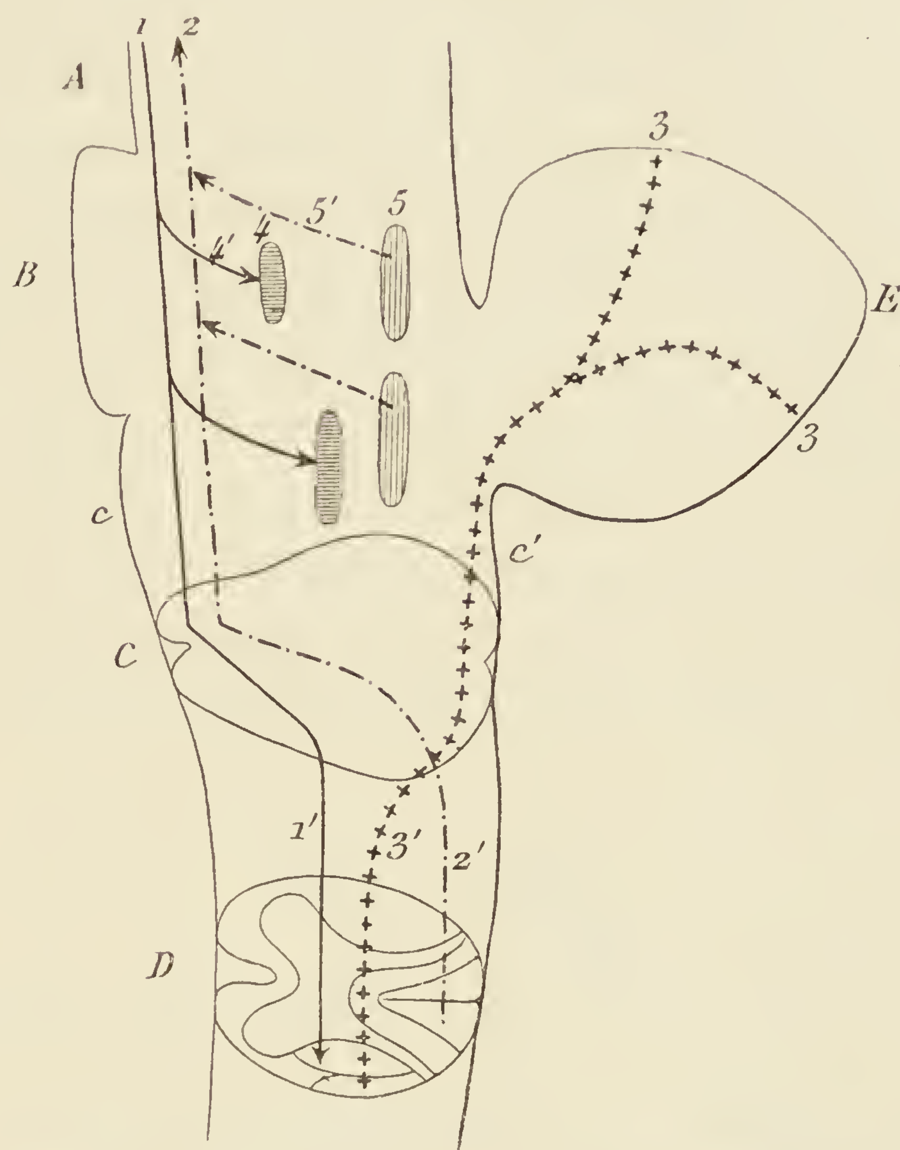


Fig. 287. — Schéma des voies de conduction dans le bulbe, la protubérance et le pédoncule cérébral.

A, pédoncule cérébral. — B, protubérance. — C, coupe horizontale du bulbe au niveau de la décussation avec *c*, pyramide antérieure, *c'*, pyramide postérieure. — D, moelle. — 1, 1', faisceau cérébral moteur. — 2, 2', faisceau cérébral sensitif. — 3, 3', faisceau cérébelleux direct. — 4, noyaux moteurs du bulbe en relation par 4', avec le faisceau moteur. — 5, noyaux sensitifs du bulbe en relation par 5', avec le faisceau sensitif.

qui suit précisément les fibres centrifuges, l'autre *sensitive*, qui est localisée dans les fibres centripètes.

1° *Faisceau cérébral moteur.* — Lorsqu'on excite la portion superficielle d'une pyramide au-dessous de la décussation, il se produit des mouvements dans la moitié correspondante du corps ; si l'irritation porte au-dessus de la décussation, les mouvements

apparaissent du côté opposé. La section de la même portion au-dessous de la décussation détermine une paralysie de la moitié correspondante du corps; quand elle est pratiquée au-dessus, la paralysie siège du côté opposé.

2° *Faisceau cérébral sensitif.* — L'excitation de la région profonde d'une pyramide au-dessous de la décussation provoque une perception douloureuse, rapportée au côté correspondant du corps: quand l'irritation a eu lieu au-dessus, la sensation douloureuse est localisée au côté opposé. La section complète d'une pyramide au-dessous de la décussation entraîne la perte de la sensibilité dans la moitié correspondante du corps; pratiquée au-dessus, elle se manifeste par une anesthésie siégeant dans le côté opposé.

De ces expériences on peut conclure qu'en quittant la moelle pour pénétrer dans le bulbe, les fibres motrices et sensitives du faisceau cérébral s'entre-croisent et passent respectivement du cordon antéro-latéral et du cordon postérieur dans la pyramide antérieure du côté opposé.

b. *Voie cérébelleuse.* — Elle est représentée par le faisceau cérébelleux, qui passe du cordon antéro-latéral directement dans la pyramide postérieure et de là dans le pédoncule cérébelleux inférieur.

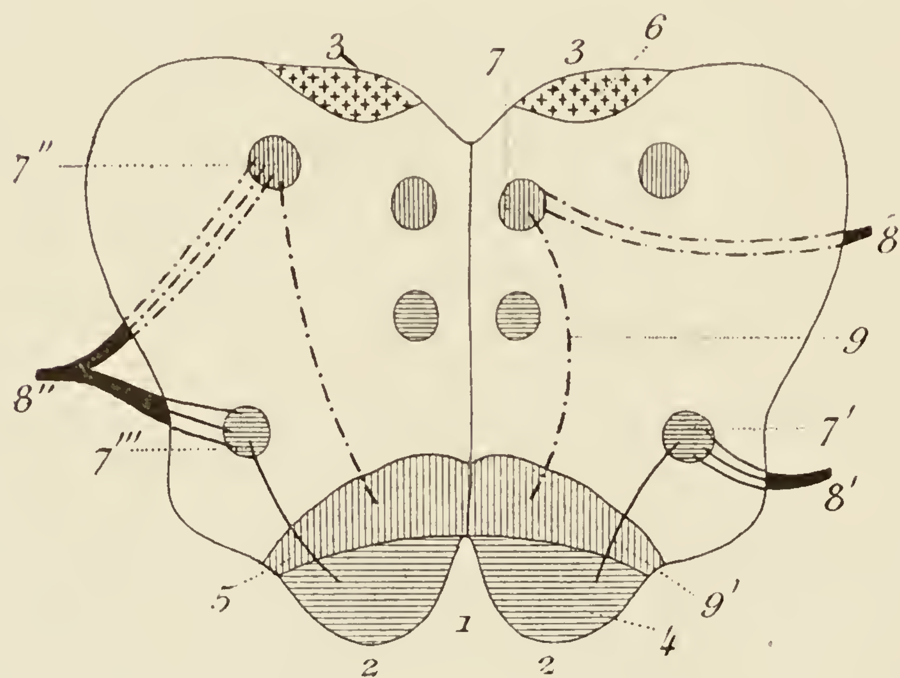


Fig. 288. — Coupe transversale du bulbe montrant les faisceaux conducteurs et leurs connexions avec les noyaux d'origine des nerfs crâniens.

1, sillon médian antérieur. — 2, 2, pyramides antérieures. — 3, 3, pyramides postérieures. — 4, faisceau cérébral moteur. — 5, faisceau cérébral sensitif, — 6, faisceau cérébelleux direct. — 7, noyau sensitif communiquant par une fibre 9 avec le faisceau sensitif et donnant naissance à un nerf crânien sensitif. 8. — 7', noyau moteur communiquant par 9', avec le faisceau moteur et donnant naissance à un nerf moteur, 9. — 7", noyau sensitif, et 8", noyau moteur, donnant naissance à un nerf mixte, 8".

B. Rôle autonome. — La substance grise de la moelle se prolonge dans le bulbe, mais sa disposition est modifiée par l'entre-croisement des faisceaux moteurs et sensitifs, qui fragmentent les cornes antérieures et postérieures en colonnes dis-

tinctes ; celles-ci constituent les noyaux d'origine des sept nerfs crâniens, qui naissent du bulbe : les centres des nerfs moteurs dérivent des cornes antérieures, ceux des nerfs sensitifs proviennent des cornes postérieures; les nerfs mixtes ont deux noyaux, l'un sensitif, l'autre moteur. La destruction d'un centre entraîne la paralysie du mouvement et de la sensibilité dans la région, où se distribue le nerf correspondant.

Les centres bulbaires sont le siège d'une foule d'actes réflexes importants; quelques-uns de ceux-ci ont trait aux muscles de la vie de relation; mais on peut dire que le bulbe régit presque tous les phénomènes de la nutrition; voici les principaux de ces centres, sur lesquels nous reviendrons dans l'étude des rapports du système nerveux avec les autres fonctions :

Circulation : centre cardiaque, centres vaso-moteurs;
Respiration : centre respiratoire;
Digestion : centre des sécrétions digestives, centre de déglutition ;
Excrétion : centres sudoraux.

2. — *Cervelet.*

Le cervelet est un centre autonome, en relation avec les noyaux de l'axe cérébro-spinal par les pédoncules cérébelleux, qui constituent à la conduction nerveuse une double voie, l'une d'aller, l'autre de retour.

Son ablation totale entraîne des troubles dans l'équilibre, dans la direction et dans la coordination des mouvements : après la destruction d'un hémisphère, ces troubles se localisent dans la moitié correspondante du corps : l'animal tourne autour de son axe, comme s'il était embroché, ou effectue un mouvement de manège.

Le cervelet paraît donc être le centre de l'équilibration, de la direction et de la coordination motrice; à ce titre il est peut-être le siège du sens musculaire. Son action est directe et non croisée, comme celle du cerveau.

3. — *Protubérance et pédoncules cérébraux.*

Leur constitution anatomique permet de prévoir qu'ils ont un rôle exclusivement conducteur, puisqu'ils contiennent des faisceaux de passage, venant des pyramides antérieures et rattachant les centres inférieurs au cerveau; les fibres centrifuges, placées dans la moitié ventrale du pédoncule, constituent la voie motrice, les fibres centripètes, réunies dans sa moitié dorsale, forment la voie sensitive. Du fait de leur entre-croisement bulbaire, il résulte que la section du pédoncule cérébral empêche la transmission de l'incitation motrice dans la moitié opposée du corps et la propagation inverse des impressions sensitives de la périphérie aux centres cérébraux.

Les fonctions des noyaux gris de la protubérance sont identiques à des noyaux bulbaires, avec lesquels ils sont en continuité.

4. — *Cerveau.*

Les fonctions du cerveau sont complexes : organe central de la motilité, de la sensibilité et de l'intelligence, il tient sous sa dépendance tous les autres centres nerveux, ceux de la vie de relation comme ceux de la vie organique. Après l'ablation des hémisphères cérébraux chez un animal, la production volontaire des mouvements, la perception consciente des sensations disparaissent et les fonctions psychiques sont abolies. Nous aurons à envisager successivement la *voie centrale*, qui le met en relation avec le reste du névraxe et, par son intermédiaire, avec tout l'organisme, puis le rôle des *noyaux gris* centraux et celui de l'*écorce cérébrale*, enfin les *actes conscients*, dont le cerveau est le siège.

A. Voie centrale. — Les différents secteurs de la double voie motrice et sensitive ont été exposés organe par organe; il est indispensable de les synthétiser maintenant.

a. *Voie motrice.* — Destinée à guider vers les centres bulbaires et médullaires les incitations des noyaux cérébraux, elle part

d'une région de l'écorce, que nous spécifierons ultérieurement, traverse la couronne rayonnante et la capsule interne, se place dans la moitié ventrale du pédoncule et traverse la protubérance; elle envoie des fibres aux noyaux bulbaires, qui donnent naissance aux nerfs crâniens, constitue la pyramide antérieure, se croise avec le faisceau moteur du côté opposé et passe dans le cordon antéro-latéral de la moelle; elle descend jusqu'à l'extrémité inférieure de celle-ci, mais s'épuise peu à peu, en envoyant des fibres aux noyaux superposés de la corne antérieure; ces derniers à leur tour donnent naissance aux racines motrices des nerfs rachidiens, dont les fibres centrifuges se terminent dans les muscles.

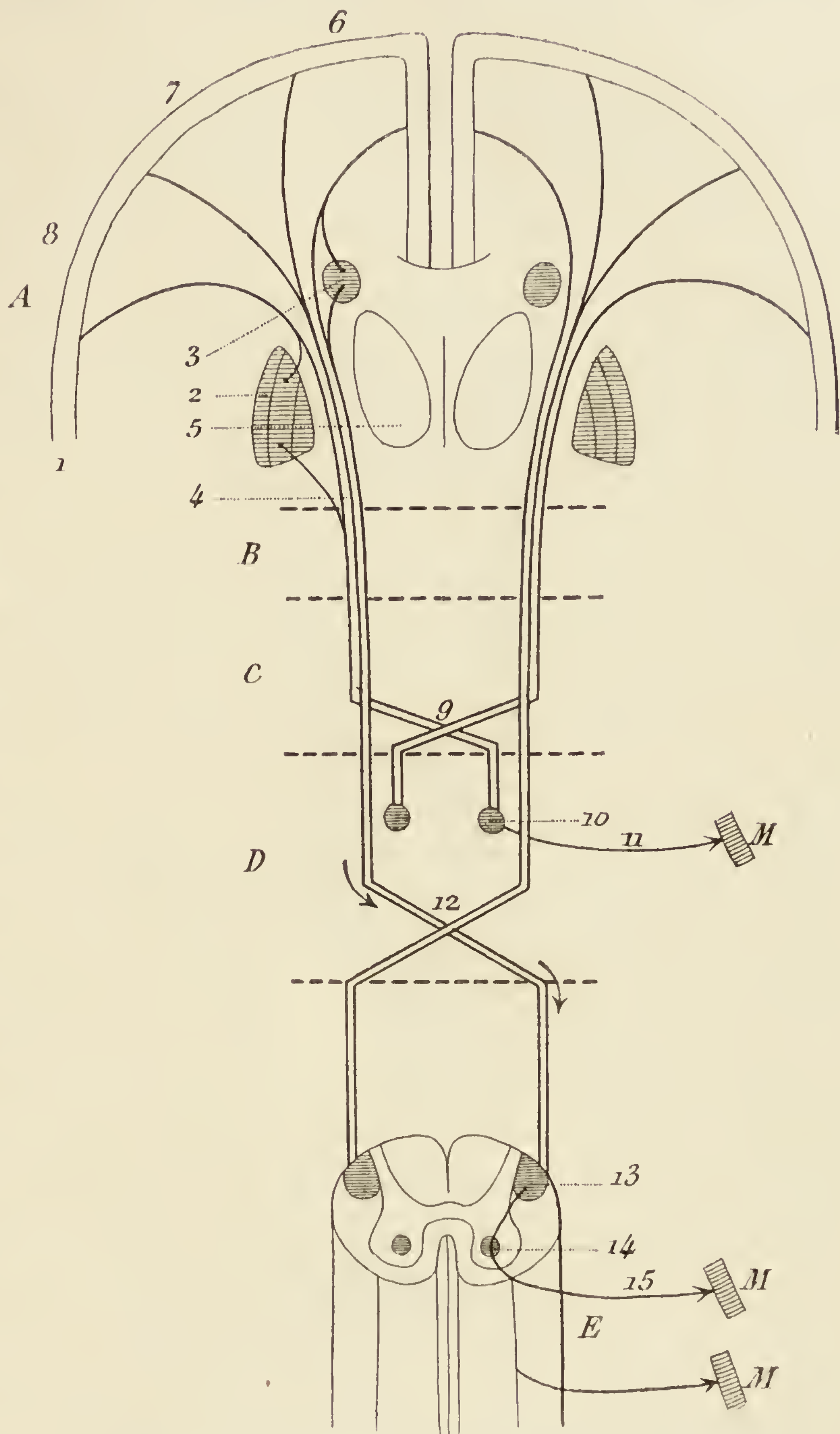


Fig. 289. — Schéma de la voie motrice centrale.

A, hémisphère cérébral droit : — 1, écorce cérébrale ; — 2, noyau lenticulaire et 3, noyau caudé, communiquant avec 4, le faisceau moteur : — 5, couche optique ; — 6, centres moteurs du membre inférieur gauche ; — 7, centres moteurs du membre supérieur gauche ; — 8, centres moteurs de la moitié gauche de la face.

B, pédoncule cérébral droit. — C, protubérance ; — 9, entre-croisement des fibres motrices s'arrêtant aux noyaux bulbaires. — D, bulbe : 10, centre d'origine de 11, nerf moteur ; — 12, décussation. — E, moitié gauche de la moelle : — 13, projection du faisceau cérébral ; — 14, noyau moteur de la corne antérieure. — 15, racine antérieure. — M, muscles de la moitié gauche du corps.

b. *Voie sensitive.* — Elle émane de toute la surface du corps et converge dans l'écorce cérébrale vers une région, qu'il nous re-

à déterminer. Cette voie suit les nerfs rachidiens, puis leurs racines postérieures; elle traverse les noyaux sensitifs de la corne postérieure et se place dans le cordon postérieur, qui grossit de bas en haut par l'adjonction incessante des nouvelles fibres centripètes; après l'entre-croisement au niveau de la décussation, elle se place dans la partie profonde de la pyramide antérieure et reçoit les fibres sensitives des noyaux bulbaires, qui lui transmettent les impressions apportées par les nerfs crâniens ; elle traverse enfin la protubérance, la moitié dorsale du pédoncule, la capsule interne et la couronne rayonnante.

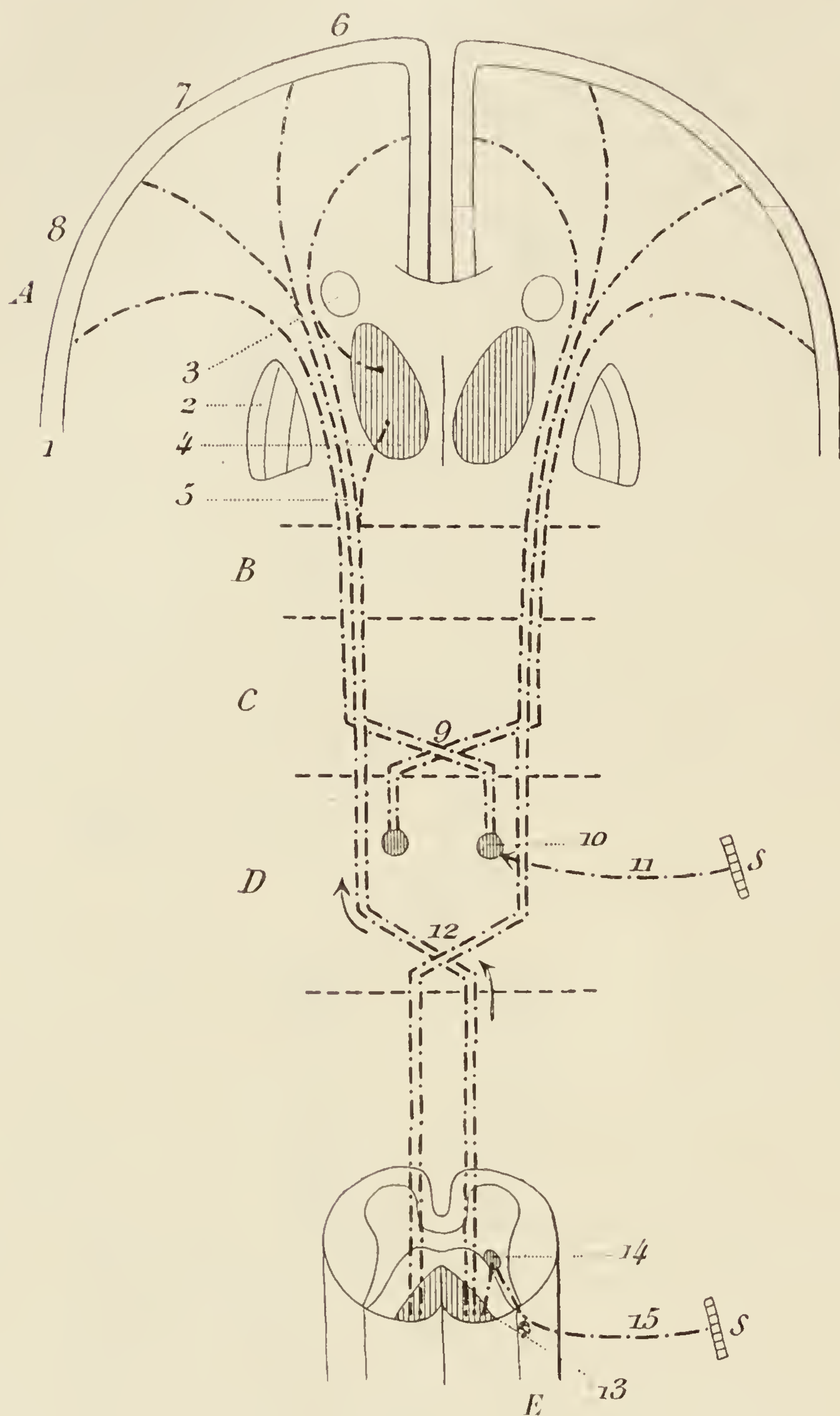


Fig. 290. — Schéma de la voie sensitive centrale.

A, Hémisphère cérébral gauche. — 1, écorce cérébrale. — 2, noyau lenticulaire. — 3, noyau caudé. — 4, couche optique communiquant avec 5, le faisceau moteur. — 6, centres sensitifs du membre inférieur droit. — 7, centres sensitifs du membre supérieur droit. — 8, centres sensitifs de la moitié droite de la face. — B, pédoncule cérébral gauche. — C, protubérance. — 9, entre-croisement des fibres sensitives s'arrêtant aux noyaux bulbaires. — D, bulbe. — 10, centre d'origine de 11, nerf sensitif. — 12, décussation. — E, moitié droite de la moelle. — 13, projection du faisceau cérébral. — 14, noyau sensitif de la corne postérieure. — 15, racine postérieure. — S, surface sensible de la moitié droite du corps.

Par le fait de l'entre-croisement bulbaire, l'hémisphère d'un côté commande à la moitié opposée du corps : si l'on enlève, en effet, la moitié gauche du cerveau, on a de la paralysie et de l'anesthésie de la moitié droite de la face, du tronc et des membres. Le cerveau est donc comparable à la plaque sensible d'un

appareil photographique, sur laquelle la reproduction d'un objet donne une image renversée.

B. Rôle des noyaux gris centraux. — Leurs fonctions sont encore peu connues; on les considère comme des relais disposés sur la double voie cérébro-médullaire.

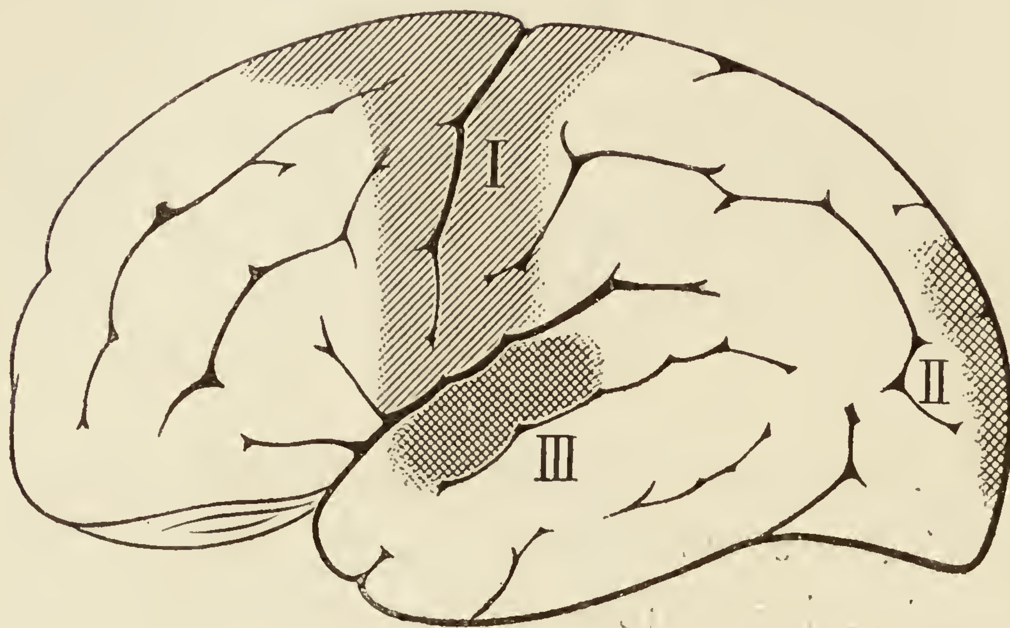
a. *Noyau caudé et noyau lenticulaire.* — Leur excitation détermine des contractions et leur destruction de la paralysie dans la moitié opposée du corps; ils sont donc en rapport avec la motricité.

b. *Couche optique.* — Elle est traversée par une partie des fibres, émanant de la capsule interne et se dirigeant vers l'écorce cérébrale; sa destruction entraîne des troubles de la sensibilité.

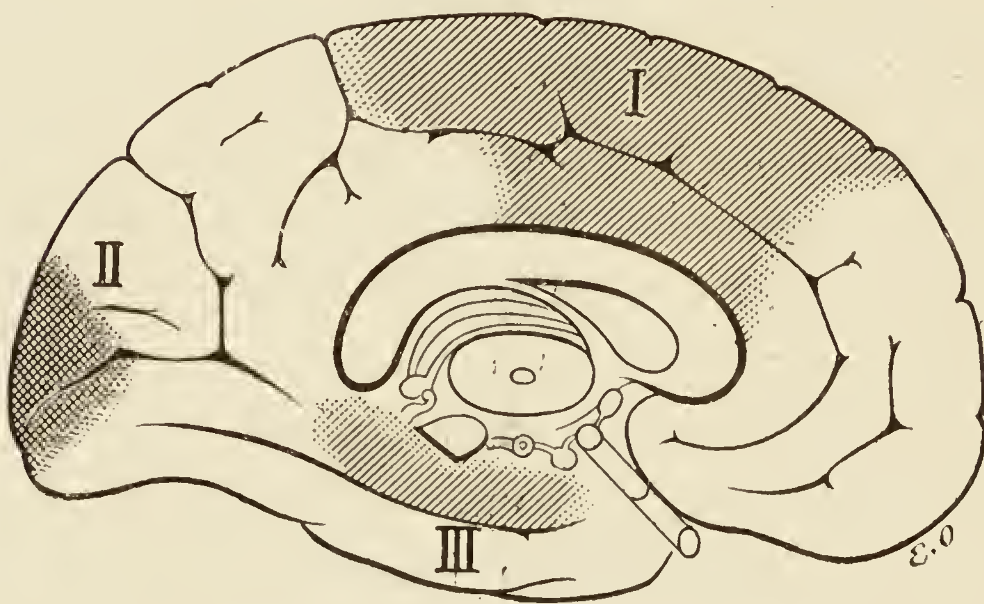
C. Rôle de l'écorce cérébrale. — Elle a été considérée longtemps comme une surface indivise, mais on sait aujourd'hui que la fonction cérébrale, comme toutes celles de l'organisme, a subi la division du travail. Gall, le premier, émit l'opinion que chaque faculté intellectuelle devait avoir un siège spécial dans le cerveau : mais sa doctrine était erronée en ce sens qu'elle voulait établir une relation entre chaque faculté et une bosse spéciale du crâne. La découverte de Broca (1861), qui a constaté l'existence d'un centre du langage dans une circonvolution frontale, a servi de base définitive à la théorie des *localisations cérébrales*. L'expérimentation a montré d'abord que la surface cérébrale pouvait être divisée en deux territoires, l'un inexcitable, l'autre situé autour de la scissure de Rolando et dont l'excitation provoque des mouvements, se manifestant dans le côté opposé du corps et qui sont simples ou complexes, selon l'étendue de la surface irritée; l'extirpation de cette dernière région entraîne au contraire des paralysies partielles ou totales de la moitié opposée du corps; enfin, l'observation des malades a établi l'existence d'un rapport constant entre certains modes de paralysies et des lésions trouvées invariablement dans la même région cérébrale après la mort. A une époque plus récente,

on a découvert que la zone de sensibilité était identique à la zone motrice, tandis que les centres sensoriels ont une localisation spéciale.

L'écorce cérébrale se compose donc d'une infinité d'amas cellulaires, formant autant de centres à fonctions distinctes, mais qui sont en connexion étroite les uns avec les autres par les fibres intrinsèques unilatérales ou commissurales ; nous les grouperons en *centres sensitivo-moteurs*, *centres sensoriels* et *centres psychiques*, dont il nous reste à dresser la carte topographique.



A, hémisphère gauche vu par sa face externe.



B, hémisphère gauche vu par sa face interne et sa base.

Fig. 294. — Localisation des centres moteurs, sensitifs et sensoriels dans l'écorce cérébrale (Langlois et de Varigny, *Physiologie*).

A. — I, centres sensitivo-moteurs. — II, centre visuel. — III, centre auditif.
B. — I, centres sensitivo-moteurs. — II, centre visuel. — III, centre auditif.

a. *Centres sensitivo-moteurs.* — Ils occupent les deux circonvolutions, qui bordent la scissure de Rolando.

1° *Centres moteurs.* — Ils sont autonomes, mais reliés l'un à l'autre, et se groupent pour chaque segment du corps en nombre variable avec la multiplicité des mouvements à effectuer : ainsi ils sont peu nombreux pour le membre inférieur, abondants, au contraire, pour le membre supérieur et surtout pour la face. Leur groupement occupe un tiers de la surface cérébrale et reproduit

le long de la scissure la position d'un sujet renversé, qui aurait la tête en bas et les pieds en haut; si l'on se rappelle que chaque hémisphère commande à la moitié opposée du corps, l'analogie entre l'écorce et l'appareil photographique devient complète : sur chacune, l'image du corps se projette en sens inverse et renversée.

2° *Centres sensitifs*. — Le centre sensitif d'une région du corps est exactement superposé à son centre moteur dans l'écorce cérébrale ; ils sont adaptés à la réception de toutes les variétés de la sensibilité, tactile, douloureuse et thermique.

b. *Centres sensoriels*. — Ils sont au nombre de quatre, dénommés centres *visuel*, *olfactif*, *auditif* et *gustatif*; on leur assigne comme siège le lobe temporo-occipital. Chacun reçoit les impressions sensorielles de l'organe correspondant.

c. *Centres psychiques*. — Leur développement, parallèle à celui du cerveau, caractérise la supériorité intellectuelle de l'homme: leur siège probable est le lobe frontal, dont le volume est plus considérable chez l'être humain que chez les animaux. Ils sont reliés entre eux, ainsi qu'aux centres sensitivo-moteurs et sensoriels et, par leur intermédiaire, avec tous les centres secondaires du névraxe, mais ils n'ont pas de relation directe avec le reste de l'organisme : c'est ce qui explique que leur excitation ne produise aucune manifestation sensitive ou motrice.

Leur fonction est triple et ils paraissent eux-mêmes avoir subi la loi de la division du travail. Ils reçoivent les impressions, transmises par les centres sensitifs et sensoriels, et les transforment en une sensation consciente, que nous percevons; pour un objet déterminé, ils associent les différentes impressions perçues en un ensemble, formant l'image de l'objet. Cette image est conservée à l'état latent et la mémoire peut l'évoquer, indéfiniment comme le liquide révélateur fait apparaître sur la plaque sensibilisée une image d'abord invisible et qu'on multiple ensuite à l'infini par la reproduction. En second lieu, les centres psychiques réagissent sur les centres moteurs et leur commandant l'exécution des actes

volontaires ; à leurs ordres s'associent ceux du cervelet pour l'harmonie et la coordination des mouvements. Enfin, ils sont le siège des manifestations de la vie intellectuelle, la conscience, la mémoire, la volonté.

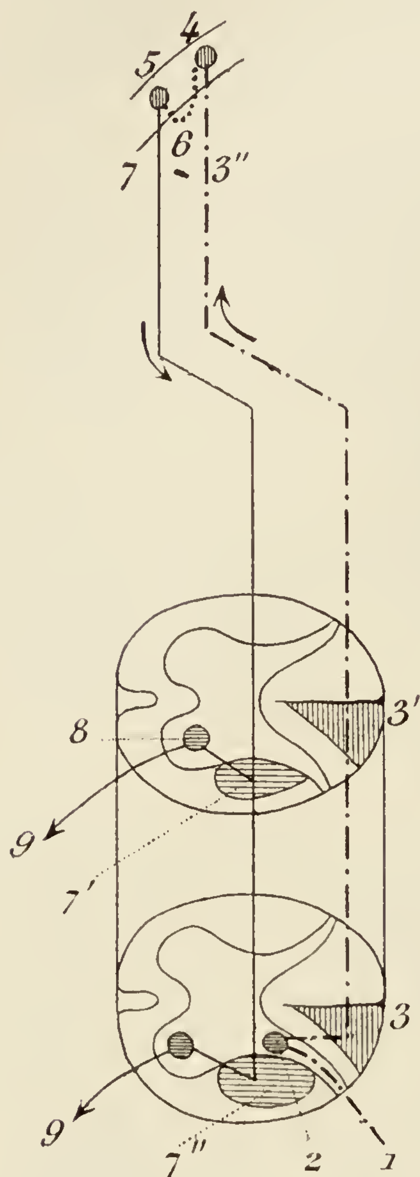


Fig. 292. — Schéma de l'acte réflexe conscient.

1, racine postérieure. — 2, noyau de la corne postérieure. — 3, 3′, 3″, faisceau cérébral sensitif. — 4, centre sensitif, et 5, centre moteur de l'écorce cérébrale. — 6, fibre intrinsèque unissant ces centres. — 7, 7′, 7″, faisceau cérébral moteur. — 8, noyau du cordon antérieur. — 9, racine antérieure.

D. Actes conscients. — Alors que la moelle élabore seulement des actes inconscients et réflexes, les actes cérébraux sont tous conscients : les uns sont *réflexes*, les autres *volontaires*.

a. *Acte réflexe conscient*. — Piquez le doigt d'une personne éveillée; elle perçoit une douleur et retire la main d'un mouvement brusque. L'excitation sensitive a été transmise par la voie centrale précédemment décrite à l'écorce cérébrale, reçue par les centres sensitifs, perçue par les centres psychiques et transformée immédiatement en un ordre moteur, qui parvient aux centres moteurs du cerveau et est expédié par la voie centrifuge aux muscles intéressés. Pour l'acte réflexe inconscient, qui se réfléchit dans la moelle, l'impression sensitive n'est pas perçue et le mouvement est involontaire; le contraire se produit pour l'acte réflexe conscient, qui est une manifestation du pouvoir excito-moteur des cellules de l'écorce cérébrale.

b. *Acte volontaire*. — Nous pouvons parler, remuer la tête, marcher ou nous arrêter à notre gré ; dans ces actes les centres psychiques agissent sur les centres moteurs subordonnés en vertu de leur pouvoir auto-moteur. En apparence cette action est spontanée ; dans la réalité, l'acte volontaire n'est qu'un acte réflexe, dont la réponse a été différée, l'énergie produite par l'excitation ayant été emmagasinée dans le cerveau pendant un temps variable, avant d'être transformée en ordre moteur.

CHAPITRE IV

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU GRAND SYMPATHIQUE

§ 1. — ANATOMIE

Le grand sympathique est représenté par une double chaîne ganglionnaire, située en avant de la colonne vertébrale ; de chaque ganglion partent deux rameaux, un ascendant et un descendant, pour les ganglions situés au-dessus et au-dessous.

Les ganglions sont des amas cellulaires mous et rougeâtres ; les nerfs sont gris et formés de fibres sans myéline.

Le grand sympathique communique avec le système nerveux cérébro-spinal ; chacun des nerfs crâniens et rachidiens lui envoie une branche et en reçoit une également.

Les filets nerveux qu'il émet, se rendent aux organes de la nutrition, cœur et vaisseaux, poumons, viscères abdominaux : à leur voisinage ils s'anastomosent avec les branches terminales du pneumogastrique pour former des réseaux nerveux ou *plexus* : il existe un plexus cardiaque dans le myocarde et des plexus autour des gros vaisseaux; l'abdomen renferme le *plexus solaire*, qui innerve les différents organes de l'appareil digestif.

§ 2. — PHYSIOLOGIE

Le grand sympathique est le régulateur des différentes fonctions de la nutrition.

Les nerfs sont mixtes : leur section ou leur excitation provoque dans les organes, qu'ils innervent, des phénomènes de sensibilité et de motilité analogues à ceux du système nerveux cérébro-spinal,

mais la sensibilité est obtuse et la motilité lente à se manifester. Les agents d'excitation sont les mêmes que pour les autres nerfs, sauf que notre volonté n'a aucun effet sur le sympathique.

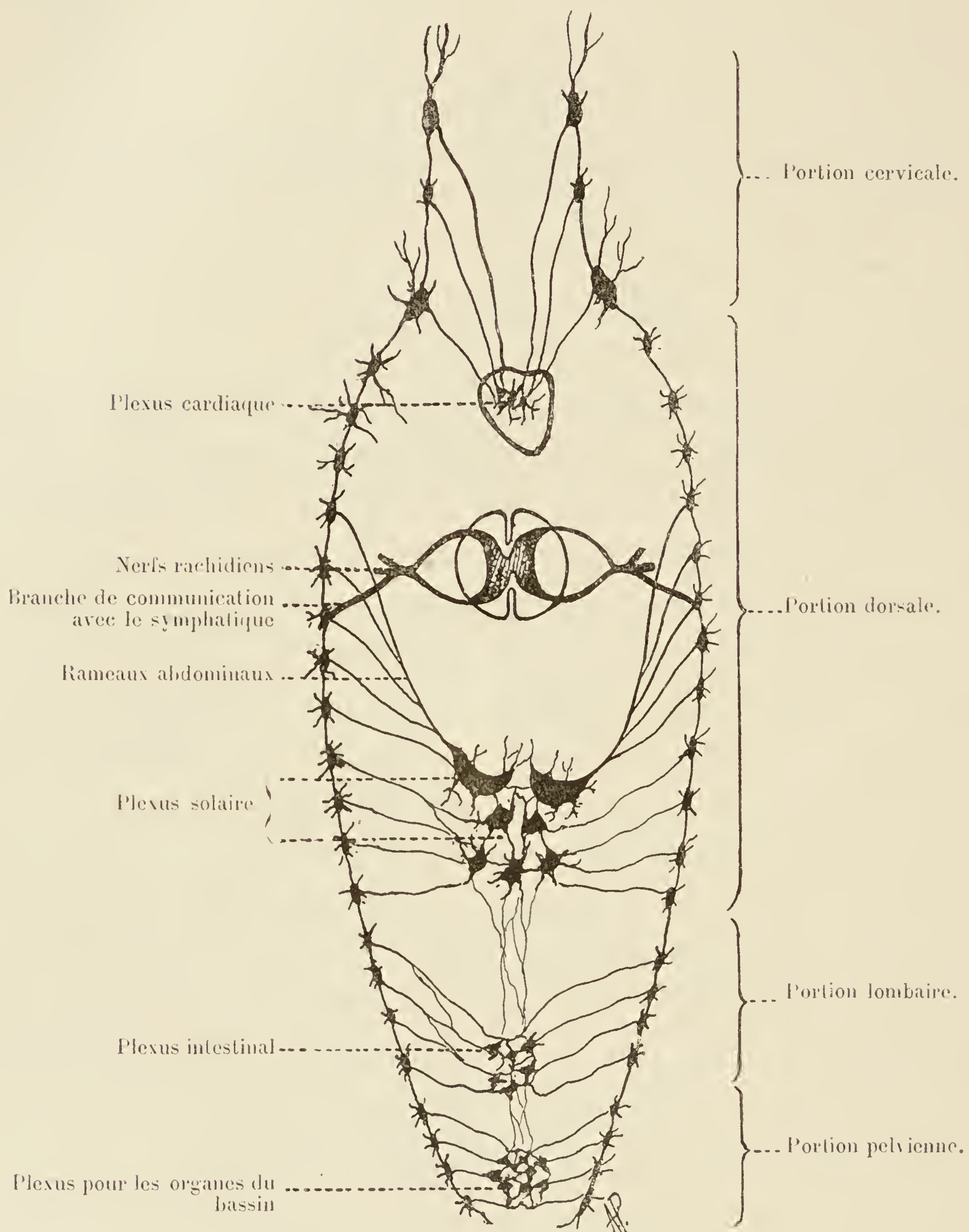


Fig. 293. — Système du grand sympathique (Pizon, *Anatomie animale*).

Les ganglions sont des centres nerveux secondaires, comparables à ceux de la moelle; comme eux, ils jouissent du pouvoir excito-moteur, comme eux ils dépendent de centres supérieurs, localisés dans le névraxe, en particulier dans le bulbe : ces derniers reçoivent des organes les impressions transmises au sympathique et

régularisent par voie de retour leur fonctionnement. Les centres supérieurs eux-mêmes sont en relation avec des centres cérébraux : ces relations expliquent l'influence des émotions sur la respiration et les battements de cœur.

Le sympathique préside à la contraction lente et involontaire des fibres lisses ; en agissant à la fois sur le cœur et sur la contractilité des vaisseaux, il contribue à la régulation de la pression du sang, de la nutrition des organes et de la température du corps : son action s'étend également aux phénomènes moteurs et sécrétoires de la digestion, enfin à l'excrétion de la sueur.

CHAPITRE V

RELATIONS DU SYSTÈME NERVEUX AVEC LES AUTRES FONCTIONS

Toutes les fonctions de l'organisme sont subordonnées à l'action du système nerveux; envisageons ses relations avec les principales d'entre elles.

§ 1. — Action sur les muscles

Le système nerveux agit sur les muscles non seulement par ses centres moteurs, mais aussi par ses centres sensitifs et sensoriels.

A. Influence des centres moteurs. — Chaque muscle possède dans la moelle un centre propre; celui-ci obéit hiérarchiquement à des centres médullaires supérieurs; qui commandent soit le groupe, auquel appartient le muscle, soit l'ensemble des groupes musculaires, dans lequel rentre celui, dont il fait partie. Ces centres médullaires sont le siège des actes réflexes; pour l'exécution d'actes volontaires et conscients, ils sont sous la dépendance des centres moteurs et psychiques du cerveau; lorsqu'un acte volontaire est devenu automatique, les centres cérébraux confient son exécution aux centres médullaires.

Tous les muscles, qui concourent au même mouvement ou au même acte, sont innervés par le même centre psychique ; ainsi le centre du langage, situé dans l'écorce cérébrale, communique avec les différents centres cérébraux, innervant les muscles des

lèvres, de la langue, du voile du palais, du larynx, qui jouent un rôle dans la production des sons et l'articulation des mots; ces noyaux, eux-mêmes, sont en relation avec les centres bulbaires des nerfs qui innervent les muscles intéressés.

Inversement, un muscle destiné à participer à plusieurs actes différents, reçoit par le même nerf des ordres d'autant de centres supérieurs distincts : les muscles des lèvres et de la langue obéissent non seulement au centre du langage, mais à celui de la mastication, de la déglutition.

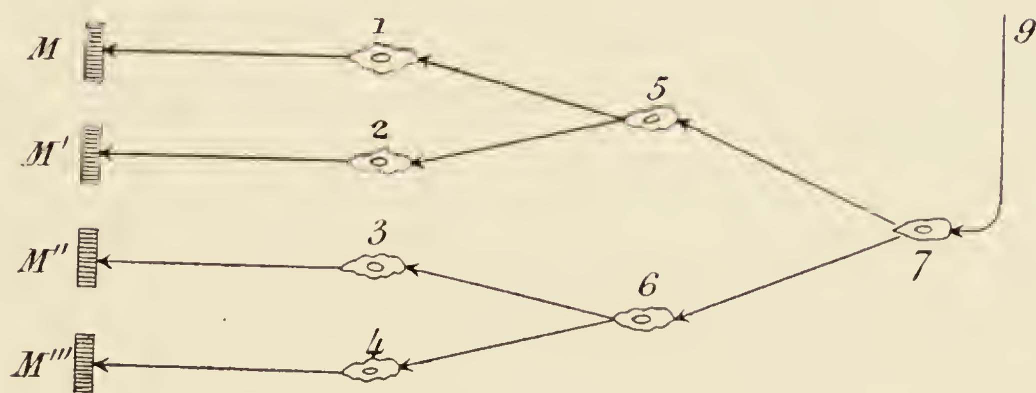


Fig. 294. — Représentation schématique de la coordination des centres moteurs.

M, M', M'', M''', muscles. — 1, 2, 3, 4, centres moteurs individuels. — 5, 6, centres médullaires commandant respectivement les groupes MM' et M''M'''. — 7, centre médullaire commandant aux deux groupes. – 9, fibre centrifuge le reliant au centre moteur cérébral.

Pour les mouvements symétriques, des deux membres supérieurs par exemple, l'incitation motrice est transmise par les fibres intrinsèques commissurales du cerveau aux centres moteurs de ces membres, situés pour le droit dans l'hémisphère gauche et pour le gauche dans l'hémisphère droit; l'exécution de mouvements simultanés par le bras et la jambe d'un même côté est assurée grâce à la relation établie par les fibres intrinsèques unilatérales, qui relient leurs centres moteurs, situés dans le même hémisphère du cerveau.

B. Influence des centres sensitifs et sensoriels. — Ils jouent un rôle important dans les actes réflexes; la sensibilité générale et les impressions des organes des sens sont utiles aussi dans la régulation du mouvement volontaire : la vue facilite la marche, qui perd son assurance dans l'obscurité; enfin, par la sensibilité musculaire, nous nous rendons compte de la direction, de la force et de la précision des mouvements.

§ 2. — Action sur la circulation

Il y a lieu de considérer séparément l'action du système nerveux sur le *cœur* et sur les *vaisseaux*.

A. Influence sur le coeur. — Le cœur a une innervation complexe, relevant de deux centres cardiaques.

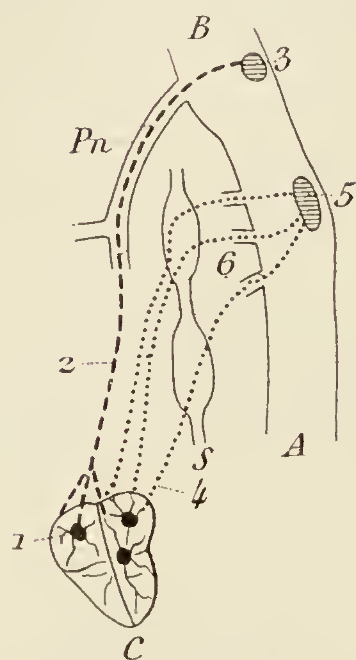


Fig. 295. — Schéma de l'innervation cardiaque.

A, moelle. — B, bulbe. — C, cœur. — Pn, pneumogastrique. — S, symphatique. — 1, plexus cardiaque. — 2, nerf modérateur fourni par le pneumo gastrique. — 3, centre modérateur. — 4, nerfs accélérateurs fournis par le sympathique. — 5, centre accélérateur. — 6, nerfs rachidiens.

a. *Innervation du cœur.* — Il reçoit du pneumogastrique et du sympathique des rameaux, qui s'anastomosent dans la paroi du cœur et forment le *plexus cardiaque* ; celui-ci constitue un véritable système nerveux autonome, aussi le cœur extirpé de la poitrine peut-il continuer à battre pendant un certain temps.

La pneumogastrique est un *nerf modérateur*, qui agit sur le rythme cardiaque à la manière d'un frein : supprimez celui-ci, en sectionnant le nerf, et vous voyez les battements s'accélérer; renforcez son action par l'irritation du bout périphérique, et vous obtenez un ralentissement notable.

Le sympathique est, au contraire, un *nerf accélérateur* du cœur; aussi sa section a-t-elle pour conséquence le ralentissement des contractions cardiaques, tandis que son excitation les précipite.

b. *Centres cardiaques.* — Deux centres correspondent à cette double action nerveuse sur le muscle cardiaque : un *centre modérateur*, situé dans le bulbe, un *centre accélérateur*, qu'on place dans la partie supérieure de la moelle. Ils fonctionnent par action réflexe et l'influence de l'un ou de l'autre prédomine, selon les circonstances ; le point de départ normal du réflexe est la distension du cœur par le sang, mais il peut siéger dans l'excitation de n'importe quel nerf sensible du corps ou même venir du cerveau : une dou-

leur violente arrête les battements et produit la syncope, une émotion donne des palpitations.

B. Influence sur les vaisseaux. — Elle s'exerce sur la contractilité des petites artères, due à des fibres musculaires lisses, et a pour agents des nerfs spéciaux appelés *vaso-moteurs*, émanant de *centres* indépendants et jouant un rôle considérable dans la *réglementation* du courant circulatoire.

a. *Nerfs vaso-moteurs*. — Ils ont pour origine le grand sympathique; lorsqu'on coupe celui-ci au niveau du cou chez un lapin, l'oreille correspondante devient rouge et chaude et tous ses vaisseaux se dilatent; l'excitation du bout céphalique produit les phénomènes inverses : dans le premier cas, on a provoqué la paralysie des fibres lisses, dans le second, leur contraction.

b. *Centres vaso-moteurs*. — Ces centres ont leur siège dans le bulbe et fonctionnent par voie réflexe. Nombreuses sont les voies centripètes, qui en constituent le point de départ : l'impression de chaleur sur la peau dilate les vaisseaux, celle du froid les resserre; le réflexe peut avoir son origine dans les centres psychiques : on pâlit de colère et on rougit de honte.

c. *Rôle des vaso-moteurs*. — Leur rôle est complexe; ils règlent la pression du sang dans l'appareil circulatoire, assurent la nutrition de chaque organe selon ses besoins, équilibrent la température du corps.

1° *Régulation de la pression*. — L'action des vaso-moteurs contrebalance sans cesse celle du cœur; quand les battements cardiaques se ralentissent, les petits vaisseaux se resserrent et *vice versa*; de même s'il y a surcharge de travail dans le cœur, l'impression en retentit sur le centre vaso-moteur et entraîne la dilatation réflexe, avec abaissement de pression dans les artères.

2° *Nutrition des organes*. — Nous savons que dans un muscle en activité le sang circule plus rapidement et plus activement que dans le même muscle au repos, parce que le travail, qu'il effectue,

entraîne la consommation d'une plus grande quantité de matériaux nutritifs : l'apport, proportionné à cette consommation, est un acte réflexe, qui a pour conséquence la dilatation vasculaire. Cette congestion survient dans tout organe en fonction, la glande qui sécrète, la paroi intestinale qui absorbe, le cerveau qui pense; une expérience fort simple de Masso permet de mettre en évidence l'afflux du sang au cerveau pendant le travail intellectuel, au moyen d'une bascule spéciale, qui existe à l'École de Gymnastique : un sujet étant couché sur le plateau, en équilibre, on voit le côté de la tête s'incliner, dès qu'on lui prescrit d'exécuter mentalement un calcul quelconque.

3° *Équilibration de la température.* — Le resserrement ou la dilatation des vaisseaux cutanés, pour diminuer ou augmenter le rayonnement de la chaleur à la surface du corps, se fait par un mécanisme réflexe, qui est réglé par les centres vaso-moteurs et qui a pour point de départ l'impression de froid ou de chaleur sur les terminaisons des nerfs sensitifs de la peau.

§ 3. — Action sur la respiration

Nous avons plus d'influence sur le rythme respiratoire que sur celui du cœur; mais la respiration n'est pas sous la dépendance absolue de la volonté : elle résulte d'un acte réflexe, ayant une *voie centripète*, un *centre spécial* et une *voie centrifuge*.

A. Voie centripète. — Elle est fournie par le pneumogastrique, qui est le nerf sensible des poumons et des conduits aériens; les filets pulmonaires transmettent l'excitation spéciale, produite à la surface respiratoire par l'acide carbonique en excès et provoquent l'inspiration; les filets venant de la trachée et du larynx déterminent, au contraire, le besoin d'expiration : un corps étranger des voies aériennes supérieures occasionne, en effet, une violente quinte de toux. Lorsqu'on sectionne les deux pneumogastriques, la respiration se ralentit et finit par s'arrêter; si l'on électrise le bout central, l'effet diffère selon que l'excitation porte sur les filets

pulmonaires ou sur les filets laryngiens : dans l'un et l'autre cas on a une accélération de la respiration, qui aboutit, dans le premier, à l'arrêt en inspiration par tétanisation des muscles inspirateurs, dans le second, à l'arrêt en expiration par la tétanisation des muscles expirateurs. Les filets pulmonaires sont donc inspirateurs, le filets laryngés expirateurs.

Tous les nerfs de la sensibilité périphérique peuvent servir de point de départ au réflexe respiratoire, en particulier ceux de la face et du nez : aussi est-ce à eux qu'on s'adresse, pour ramener la respiration d'une personne en syncope.

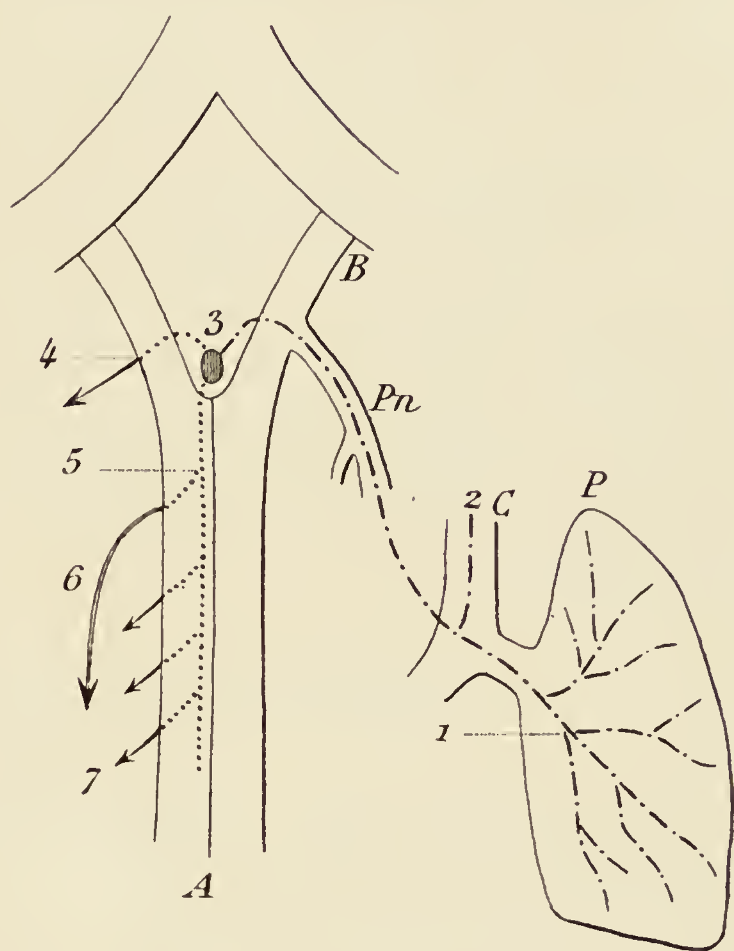


Fig. 296. — Schéma de la relation du système nerveux avec la fonction respiratoire.

A, moelle. — B, bulbe. — C, conduits respiratoires. — P, poumon. — 1. filets sensitifs inspiratoires et 2. filets expiratoires du pneumogastrique, *Pn*. — 3, centre respiratoire. — 4, ses connexions avec les nerfs moteurs des muscles du cou et du thorax. — 5, ses connexions avec 6, le nerf phrénique, et avec 7. les nerfs rachidiens innervant les muscles intercostaux, les muscles abdominaux, etc.

B. Centre respiratoire. — Gros comme une tête d'épingle, il est situé dans le bulbe, à côté du centre cardiaque et à proximité du noyau d'origine du pneumogastrique ; il correspond à l'espace entre l'occipital et l'atlas : lorsqu'on enfonce un stylet sur la ligne médiane dans l'intervalle des deux os, on détruit les deux centres et l'animal meurt subitement par arrêt de la respiration ; c'est pourquoi Flourens avait donné à cette région du bulbe le nom de *nœud vital*. En dehors des impressions, qui lui parviennent du pneumogastrique, le centre respiratoire peut être excité directement par le sang, surchargé d'acide carbonique ; inversement, l'impression du sang, saturé d'oxygène, suspend momentanément le besoin de respirer.

C. Voie centrifuge. — Elle suit les nerfs moteurs de tous les

muscles inspirateurs et expirateurs, en particulier le phrénique, qui va au diaphragme ; le centre respiratoire est en relation avec les noyaux d'origine de ces nerfs dans le bulbe et dans la moelle et leur fait parvenir, selon les besoins, l'incitation motrice en vue de l'inspiration ordinaire ou profonde et de l'expiration forcée.

§ 4. — Action sur la digestion

Les différents phénomènes moteurs et sécrétoires de la digestion constituent une succession d'actes réflexes, qui ont pour point de départ l'impression fournie par le contact des aliments avec la paroi du tube digestif; il existe dans le bulbe un centre de déglutition, un centre de sécrétion salivaire, un centre de sécrétion gastrique, etc.

§ 5. — Action sur les excrétions

C'est par des actes réflexes encore, que se font les excrétions ; en voici le mécanisme pour la sécrétion de la sueur : lorsque pour une cause extérieure ou intérieure notre température s'élève, l'impression de chaleur, que subissent les terminaisons périphériques des nerfs sensibles, est transmise à tous les centres sudoraux, situés dans le bulbe et la moelle; la voie centrifuge est constituée par des fibres nerveuses, qui se terminent dans les glandes sudoripares.

INFLUENCE DE L'EXERCICE

SUR L'ORGANISME

I

EFFETS UTILES ET RÉSULTATS DES EXERCICES

Nous connaissons maintenant la machine animale et nous pouvons nous rendre compte des modifications que les exercices physiques, — en prenant cette expression dans son sens le plus général —, feront subir au fonctionnement de ses rouages. De ces effets, les uns sont salutaires, les autres constituent des inconvénients et même des dangers : il est indispensable de connaître les uns et les autres, les premiers, parce que c'est à eux que doit viser l'éducation physique, les seconds pour les éviter.

L'influence heureuse que la pratique méthodique du mouvement exerce sur l'organisme, est d'abord *immédiate* et *passagère;* par des *modifications progressives*, elle amène à des *résultats tardifs* et *durables*, qui se traduisent par l'entraînement.

CHAPITRE PREMIER

MODIFICATIONS PASSAGÈRES ET PROGRESSIVES DE L'ORGANISME

Les modifications que l'exercice imprime à nos grandes fonctions, relèvent d'une action à la fois physiologique et mécanique; l'une se fait sentir indirectement, l'autre directement sur chaque fonction.

§ 1. — Action sur le squelette

Les exercices ont une *action physiologique* incontestable sur l'accroissement du squelette et une *action mécanique* sur sa conformation.

A. Action physiologique. — Le système osseux profite de l'impulsion que l'activité musculaire imprime à la nutrition générale; l'exercice favorise, par conséquent, le développement de la taille et la corpulence. M. le médecin-major Carlier a montré, en effet, par des recherches sur les élèves de l'Ecole militaire de Montreuil, le rapide accroissement de la taille, en comparaison avec d'autres enfants du même âge, et l'attribue aux exercices, qu'ils font dans cette Ecole. Depuis que la pratique des exercices physiques est devenue une coutume nationale en Suède, on a constaté chez les recrues, pour la taille, une augmentation moyenne de 3 centimètres, bien que le nombre des exemptions soit descendu de 30 à 20 p. 100.

B. Action mécanique. — Lorsqu'on assiste à l'incorporation des

recrues, on est frappé de la quantité de jeunes gens, qui présentent une mauvaise attitude, se manifestant par une incurvation antéro-postérieure ou latérale de la colonne vertébrale, avec abaissement d'une épaule, généralement la droite; voici les constatations faites à ce sujet sur les élèves du 3e cours de gymnastique de 1904 :

		Officiers stagiaires.	Sous-officiers, caporaux et soldats stagiaires.
Sujets examinés		71	85
Épaule droite	Abaissement simple	18	37
	Abaissement avec déviation de la colonne vertébrale	7	4
Épaule gauche	Abaissement simple	5	7
	Abaissement avec déviation de la colonne vertébrale	»	8

La proportion de 42 p. 100 chez les premiers et de 66 p. 100 chez les seconds est effrayante, étant donné surtout que ces stagiaires ont déjà subi une visite de sélection dans leurs régiments.

De ces déformations, les unes ont pour cause une maladie des os, le rachitisme; certaines surviennent chez l'écolier, dont la mauvaise attitude entraîne souvent une courbure latérale de la colonne vertébrale; elles peuvent également être d'origine professionnelle : le menuisier a la taille déviée latéralement, le tailleur et le porte-faix ont le dos voûté. Elles ont pour point de départ l'action prédominante d'un groupe musculaire, les fléchisseurs, par exemple, pour le gros dos; avec le temps, la colonne vertébrale, composée en partie d'os dur et en partie de cartilage peu résistant, se déforme elle-même et l'ossification rend définitive, chez l'adulte, cette position vicieuse, prise par l'écolier en classe ou par l'apprenti à son établi.

Comme la contraction musculaire modifie la position réciproque des différents segments du squelette, on peut, par des exercices appropriés, rectifier la charpente osseuse et partant la forme du corps, en particulier lorsqu'il s'agit d'adolescents et de jeunes gens, chez lesquels l'ossification n'est pas encore complète. M. Roblot a noté, lors de la visite d'incorporation d'un cours de gymnastique à l'Ecole, chez 74 soldats sur 302, une élévation mar-

quée de l'épaule gauche ; à la fin du stage, six mois après, 37 élèves étaient corrigés[1]. Une amélioration frappante de l'attitude a été également constatée chez de jeunes soldats, instruits à l'Ecole d'après le manuel de 1902, comme le montrent les photographies ci-jointes[2]. Le travail musculaire a non seulement une action

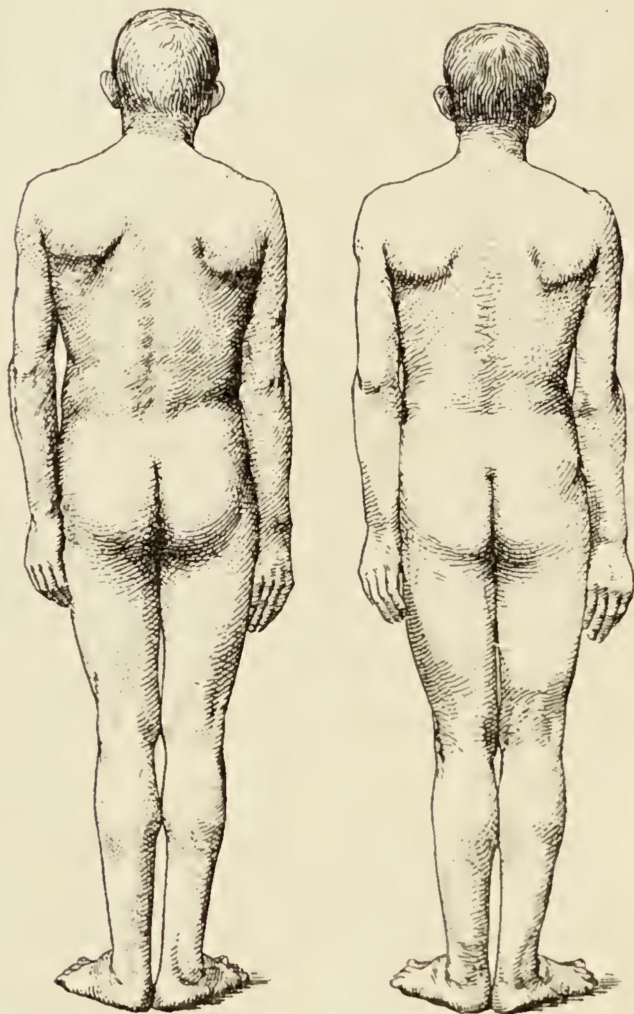


Fig. 297. — Influence corrective de l'exercice sur un jeune soldat atteint d'abaissement de l'épaule droite.

Attitude à l'arrivée. — Attitude au bout d'un an.

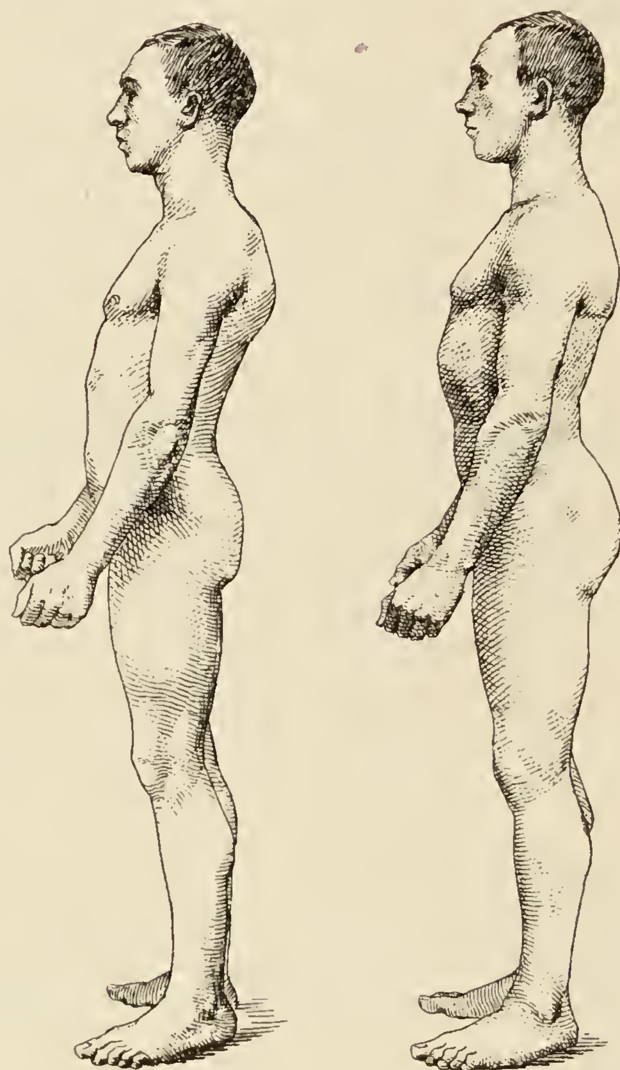


Fig. 298. — Influence corrective de l'exercice sur un jeune soldat ayant le dos voûté.

Attitude à l'arrivée. — Attitude au bout d'un an.

corrective sur ces déformations, lorsqu'elles sont survenues, mais il prévient également leur production.

Certains exercices étendent au maximum les segments du corps les uns sur les autres et diminuent, en particulier, les courbures physiologiques de la colonne vertébrale : ils contribuent ainsi d'une façon mécanique à l'allongement de la taille. C'est ainsi que sur 13 jeunes soldats, instruits à l'Ecole d'après le nouveau

[1] Le stage de gymnastique n'étant plus actuellement que de trois mois, les élèves que nous avons suivis, n'ont pas présenté de correction notable.

[2] Elles sont extraites de la collection de l'Ecole, faite par M. le capitaine instructeur Harmand.

règlement, 10 avaient augmenté de taille au bout d'un an et l'augmentation moyenne était de 5 millimètres; il est vrai que la croissance, qui n'est pas encore achevée à leur âge, pouvait y être pour quelque chose. Inversement, le port de poids lourds, la marche et la station prolongées tassent les pièces du squelette et diminuent la taille : au cours d'expériences faites à l'École, des hommes avaient rapetissé de 10 à 15 millimètres, après une marche de 27 kilomètres avec le chargement de campagne.

§ 2. — Action sur les articulations

Par l'exercice, les jointures acquièrent leur maximum de développement : l'étendue du mouvement augmente, la capsule et les ligaments atteignent une souplesse plus grande, voire même une laxité extraordinaire, lorsqu'on les force dès le jeune âge d'une manière abusive[1]. Par contre, l'immobilité rouille la jointure : la raideur envahit les moyens d'union, la sécrétion synoviale se tarit, les cartilages articulaires perdent leur poli et l'article finit par s'ankyloser; c'est précisément l'inconvénient auquel sont exposés les membres immobilisés trop longtemps dans des appareils.

§ 3. — Action sur les muscles

Le premier effet de l'exercice sur les muscles est d'*augmenter leur volume;* parallèlement au développement des masses charnues, on constate une *augmentation de la force musculaire.*

A. Augmentation de volume. — Au régiment, la simple observation permet à chacun de constater la supériorité de développement des campagnards, qui exercent des professions mettant en jeu l'ensemble du système musculaire, sur les ouvriers de la ville, qui ont généralement la poitrine étroite et les membres grêles. Un exemple, plus frappant encore, nous est fourni par le développement disproportionné, qu'atteignent certains groupes muscu-

[1] Témoin l'homme-serpent.

laires, seuls mis en jeu par un exercice localisé : tels les mollets du danseur, les bras du forgeron et du boulanger.

Le développement du muscle en épaisseur résulte de l'accroissement numérique de ses fibres primitives; il est favorisé surtout par l'intensité du travail qu'on lui impose, et par les contractions statiques. L'allongement de la partie charnue, car les tendons sont à peu près inextensibles, est en rapport avec l'amplitude du mouvement exécuté : il est donc important d'imposer au muscle, par des mouvements étendus, toute la course qu'il peut fournir, et de pratiquer, en particulier, des contractions excentriques, qui écartent au maximum les points d'insertion[1].

L'expérience suivante de M. Marey démontre cette adaptation de la longueur des fibres musculaires à l'étendue du mouvement : en réséquant chez le lapin une portion de calcanéum et en sacrifiant l'animal guéri, il a constaté par la comparaison des muscles du mollet du côté opéré et du côté sain que pour les premiers le tendon avait augmenté de longueur aux dépens de la masse charnue; c'est que le raccourcissement du bras de levier, que forme le calcanéum, avait entraîné une diminution dans l'amplitude du mouvement communiqué à sa saillie postérieure, à laquelle s'insère le tendon d'Achille.

B. Augmentation de la force musculaire. — Elle est le résultat mathématique de la multiplication des fibres contractiles. La modification de l'énergie musculaire n'est pas seulement quantitative, mais aussi qualitative, car la contraction gagne en vitesse et en précision; l'homme acquiert ainsi une dextérité plus grande. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer la mollesse du débutant avec l'agilité du professionnel en escrime ou en boxe; les recrues de la campagne arrivent au régiment lourds et gauches, tandis que les jeunes gens du milieu urbain sont plus habiles : aux premiers, l'exercice donnera de l'adresse, au seconds, de la force.

[1] L'abus de mouvements concentriques produit au contraire, à la longue, un raccourcissement fâcheux des muscles; ainsi s'explique la semi-flexion permanente de l'avant-bras sur le bras chez certains professionnels.

§ 4. — Action sur la circulation

Sur la circulation l'action de l'exercice est à la fois *physiologique* et *mécanique*.

A. Action physiologique. — Au cours d'un exercice, on voit ses artères battre d'une manière plus intensive, quelquefois jusqu'au voisinage des capillaires, tandis que les veines gonflées se vident plus activement ; le travail provoque donc une *accélération du courant sanguin*, laquelle se traduit à la fois par une *augmentation dans le nombre et l'énergie des battements cardiaques et du pouls* et par des *modifications de la pression sanguine*. Ces changements tiennent à la nécessité d'un apport plus considérable de matériaux nutritifs dans les muscles, qui travaillent ; la demande et l'offre de ravitaillement sont réglées par le centre nerveux vasomoteur, proportionnellement au degré de l'activité musculaire.

a. *Accélération du courant sanguin.* — Chauveau a montré expérimentalement cette accélération dans un muscle en travail ; il a adapté un appareil enregistreur à l'artère principale du masséter chez un cheval et noté les quantités de sang, qui passaient en un temps donné, selon que l'organe était au repos ou se contractait pour la mastication de l'avoine, par exemple.

L'augmentation de vitesse ne reste pas localisée au muscle, mais petit à petit, elle se généralise à tout le courant circulatoire : si l'activité entraîne d'abord la congestion de l'organe en travail, elle provoque donc secondairement une circulation plus active dans tout l'organisme ; ce bénéfice sera d'autant plus considérable, que l'activité s'étendra à un plus grand nombre de muscles ou que, pour un groupe musculaire donné, elle sera plus intense. La circulation pulmonaire est également accélérée et il se produit une véritable congestion active des poumons, dans lesquels le sang puise avec plus d'abondance l'oxygène nécessaire aux combustions et abandonne en plus grande quantité l'acide carbonique, principal produit de désassimilation.

La congestion physiologiste, qui survient dans le muscle en travail, exerce une action dérivative sur le sang, accumulé dans certaines régions ou certains organes du corps : ainsi la marche dissipe souvent les malaises occasionnés par l'afflux du sang à la tête ; les mouvements, surtout ceux des membres inférieurs, en raison des nombreux muscles mis en jeu, ont de même un effet décongestionnant rapide sur le cerveau, après un travail intellectuel prolongé. Aussi est-il rationnel de commencer chez l'écolier et même chez le soldat, après une théorie, toute leçon de gymnastique par des exercices dérivatifs, destinés à rétablir l'équilibre de la circulation.

b. *Accélération des battements cardiaques et du pouls.* — Cette accélération traduit d'une façon palpable la suractivité de la circulation générale ; elle est, par suite, en raison directe de la durée et de l'intensité du travail produit; c'est ainsi que chez le soldat les pulsations augmentent avec la charge, la longueur de la marche et la vitesse de l'allure. Le pouls relevé d'heure en heure chez 20 soldats, divisés en deux groupes, dont l'un avait la tenue d'exercice et une charge de 18 kilogrammes, et l'autre la tenue de campagne avec une charge de 27 kilogrammes, a donné lieu aux constatations suivantes :

	AUGMENTATION DES PULSATIONS		
	1re pause.	3e pause.	5e pause.
Chargement d'exercice.	18	40	49
» de campagne	34,5	67	62

On peut juger par ces chiffres de la double relation entre l'activité circulatoire, la durée et l'intensité du travail, représentées dans la circonstance particulière par la longueur de la marche et par le poids de la charge. M. Roblot a vu sur 20 élèves, soumis au bout de trois mois et demi de séjour à l'École à une demi-heure de pas de gymnastique, le pouls monter de 86 à 140, et d'autre part, une augmentation de 108 pulsations à la minute, après une course de 11 kilomètres sans arrêt; le maximum a été observé dans les courses cyclistes et se chiffre par 240 pulsations à la minute.

c. *Modification de la pression sanguine.* — La pression subit également des variations intéressantes. Le professeur Potain, en examinant 10 jeunes soldats stagiaires à l'École, le matin au repos, puis après un quart d'heure de pas de gymnastique, était arrivé à conclure que tout exercice un peu actif élève immédiatement la pression et l'abaisse ensuite, lorsqu'il se prolonge; M. Teissier a constaté effectivement, après une course de 85 kilomètres, un abaissement de pression de 3 centimètres. Les chiffres suivants, fournis par les deux groupes précités de marcheurs, semblent corroborer cette opinion et montrer, en outre, que l'élévation est d'autant plus grande et l'abaissement d'autant plus rapide, que le travail fourni est plus considérable, soit par sa durée, soit par son intensité :

	VARIATIONS DE LA PRESSION		
	1re pause.	3e pause.	5e pause.
Chargement, d'exercice	+ 2 cm.	+ 1,5 cm.	+ 1,25 cm.
» de campagne	+ 3,5 cm.	+ 1,25 »	+ 0 »

L'augmentation de pression tient à la suractivité circulatoire et à l'obstacle que la contraction crée au courant sanguin dans l'intérieur des muscles; la diminution peut s'expliquer par la dilatation compensatrice des vaisseaux dans les autres régions du corps, afin d'alléger le travail du cœur, et par une diminution de l'élasticité artérielle sous l'influence de la fatigue.

B. Action mécanique. — Alors que l'action physiologique a un effet indirect, l'action mécanique se traduit par un effet direct du travail musculaire sur le système circulatoire; son influence se fait sentir sur la *circulation générale* ou sur les *circulations locales*.

a. *Influence sur la circulation générale.* — Nous avons déjà vu comment les mouvements respiratoires allègent naturellement le travail du cœur, en agissant sur la grande et la petite circulation : l'inspiration dilate les cavités cardiaques ainsi que les grosses veines et favorise le retour du sang noir; l'expiration, au contraire, facilite la propulsion du sang artériel vers la périphérie; la première appelle le sang dans les poumons et la seconde l'en chasse.

En amplifiant volontairement les temps de la respiration, nous pouvons faciliter davantage encore la double circulation.

Les extensions et les flexions modérées du tronc allongent et raccourcissent alternativement les gros vaisseaux accolés à la colonne vertébrale ; le premier mouvement augmente leur volume, étire la paroi élastique et exerce un appel sur le sang, coulant du cœur dans l'aorte et de la périphérie dans la veine cave ; le second entraîne une diminution de volume du vaisseau, le retrait de la paroi élastique et une élévation de la pression, qui activent à leur tour l'acheminement du courant sanguin soit vers la périphérie dans les troncs artériels, soit vers l'organe central dans les troncs veineux. Au contraire, l'exagération de ces mouvements aplatirait les vaisseaux, provoquerait leur coudure et deviendrait une entrave à la circulation : ainsi agit la flexion forcée des membres, à laquelle on a recours pour arrêter les hémorragies.

b. *Influence sur les circulations locales.* — Nous savons aussi que les alternatives de contraction et de relâchement des muscles favorisent la circulation de retour dans les membres, en comprimant les veines, qui cheminent dans leur voisinage ou dans leur intérieur, alors qu'elles ne gênent pas notablement la circulation dans les artères, en raison de l'épaisseur de la paroi artérielle [1]. Inversement, la contraction statique ne peut avoir aucun effet favorable : après une longue station debout, on observe pour cette raison un gonflement notable des jambes, parce que la compression permanente des veines profondes supprime en partie les voies de retour ; aussi les vaisseaux superficiels sont-ils gonflés et saillants.

La contraction intermittente des muscles abdominaux exercera de même une action favorable sur la circulation dans les viscères et la veine porte.

Par le mouvement et le changement d'attitude, nous pouvons à volonté annihiler l'action de la pesanteur sur la circulation et

[1] Ainsi s'explique l'action de la marche sur l'atténuation du gonflement, qui se produit aux membres inférieurs chez les personnes longtemps alitées, lorsqu'elles commencent à se lever, tout comme le travail fait disparaître les mollettes du cheval, qui a été immobilisé à l'écurie.

même transformer selon le besoin, son effet contraire en effet utile ou inversement. C'est ainsi que la position horizontale ou la surélévation des membres inférieurs est utile, pour faire disparaître leur infiltration, et que l'on couche une personne en syncope la tête plus basse que le corps, pour faciliter l'afflux du sang dans le cerveau. Pour la même raison, les mouvements des membres inférieurs produisent leur maximum d'effet utile sur la circulation de retour, lorsqu'on est couché, ce qui annule l'action de la pesanteur. Si l'on combine l'inspiration à l'extension de la colonne vertébrale, on ajoute à l'action aspiratrice de la première et à l'étirement vasculaire de la seconde les effets favorables de la pesanteur, les poumons venant à occuper une position déclive par rapport au cœur; cette position réciproque des organes deviendra inverse, si à l'expiration on associe la flexion du tronc en avant et on fera encore un appel utile à la pesanteur, pour l'écoulement sanguin des poumons dans le cœur. Lorsque notre bras tombe le long du corps, le sang artériel y coule facilement, tandis que le retour du sang veineux est gêné ; levez le bras en l'air et vous entravez la circulation dans les artères, tandis que les veines, auparavant gonflées, se vident facilement : aussi l'élévation des membres est-elle employée pour ralentir, si ce n'est arrêter les hémorragies.

Ces considérations font comprendre comment et pourquoi tout exercice a un retentissement plus ou moins marqué sur la circulation; les changements incessants dans l'attitude du tronc et des membres, qui accompagnent chaque mouvement, modifient, en effet, d'une façon continue les conditions circulatoires et constituent ainsi une véritable gymnastique soit du muscle cardiaque, soit des parois vasculaires, dont elles mettent en jeu l'élasticité et la contractilité.

§ 5. — Action sur la respiration

De même que sur la circulation, le travail musculaire peut exercer sur la fonction respiratoire une *action physiologique* et une *action mécanique*.

A. Action physiologique. — Lorsqu'on suit un homme, qui se livre à la pratique méthodique et continue de l'exercice, on constate une *augmentation des échanges gazeux*, un *développement de la poitrine* et des *modifications du rythme respiratoire*.

a. *Augmentation des échanges gazeux.* — La ventilation pulmonaire est activée par le travail musculaire et les échanges gazeux entre l'air et le sang deviennent plus considérables; leur progression est même en raison directe de l'intensité du travail, comme le montrent les chiffres suivants, qui expriment les quantités proportionnelles d'air inspiré pendant l'exécution d'actes variés :

Repos	1
Position debout	1,30
Marche	1,90
Natation	4,30
Course	7

A jeun et au repos un homme consomme 24 litres d'oxygène par heure, sous l'influence d'un exercice modéré, 65 litres ; pendant ce dernier, l'élimination de l'acide carbonique devient également trois à cinq fois plus considérable.

Quelle est l'origine de cette suractivité respiratoire ? Elle tient, comme l'accélération de la circulation, à l'intensité des combustions musculaires, qui nécessitent un apport plus considérable d'oxygène et une évacuation plus active de l'acide carbonique, produit en plus grande quantité ; comme l'accélération de la circulation, elle est réglée par voie réflexe et par l'intermédiaire du centre nerveux respiratoire.

b. *Développement de la poitrine.* — Il ne viendrait à l'idée de personne de contester l'influence de l'exercice sur le développement de cette région du corps. Les manouvriers ont une poitrine large et puissante, tandis que le thorax étroit et aplati est l'apanage des gens à métier sédentaire ; chacun a pu voir s'étoffer, s'élargir et s'amplifier le thorax long et grêle d'une recrue, chez laquelle les poumons et le cœur, trop volumineux pour cette cage trop étroite, s'étaient logés en hauteur aux dépens de la cavité abdominale.

Dans cette poussée excentrique, il faut faire la part du contenant, formé par la cage thoracique et les muscles, et celle du contenu, qui est le poumon.

1° *Agrandissement du thorax.* — Les différentes pièces osseuses de la cage thoracique participent au développement général de l'organisme au même titre que les autres parties du squelette; les articulations et les cartilages, qui unissent ces pièces, acquièrent simultanément une mobilité et une souplesse plus grandes et favorisent par conséquent l'ampliation respiratoire.

Les masses charnues subissent un accroissement parallèle et réalisent des qualités de force et de contractilité, qui contribuent également à une plus grande étendue de la course thoracique.

2° *Agrandissement du poumon.* — L'augmentation en volume du poumon tient non point à la multiplication de son tissu propre, mais à l'accroissement de son élasticité et à l'entrée en fonction de certaines régions, comme le bord postérieur et le sommet, dont les alvéoles ne se déplissaient pas auparavant. Au développement volumétrique de l'organe, correspond une augmentation de la capacité vitale.

Le développement du poumon et de la cage thoracique se font parallèlement et se commandent réciproquement ; le mécanisme de la respiration ne permet pas de concevoir une expansion plus considérable de la poitrine, qui n'entraînerait pas une dilatation proportionnée du poumon. Mais le besoin inéluctable d'une ventilation plus active au cours d'un travail musculaire a, en outre, une action directe sur l'organe pulmonaire, qui se distend davantage, réagit à son tour sur son enveloppe thoracique et la force à s'agrandir.

c. *Modification du rythme respiratoire.* — Lorsqu'on commence à se livrer à des exercices, il survient, selon l'intensité du travail, une accélération plus ou moins grande du rythme respiratoire ; on a compté 20 à 30 respirations pendant la marche, 40 à 60 pendant la course et jusqu'à 140 mouvements respiratoires, par minute, pendant des exercices d'une violence extrême. Avec l'habitude, ces

troubles s'atténuent, la respiration ne s'accélère plus autant et devient plus profonde ; ce ralentissement marche de pair avec le développement de la course thoracique ; l'amplitude plus grande du rythme s'acquiert avec l'augmentation du volume des poumons et l'accroissement de leur capacité vitale.

B. ACTION MÉCANIQUE. — Si, par le travail musculaire, la fonction respiratoire s'améliore indirectement, notre volonté a également une action directe sur les muscles de la respiration, le diaphragme excepté ; nous pouvons donc, par des mouvements respiratoires voulus, augmenter dans une certaine mesure l'ampliation thoracique, qui, en raison du vide pleural, sera suivie par une expansion correspondante du poumon. C'est faire une véritable éducation de la fonction respiratoire, éducation, qui conduit à des résultats analogues à ceux que nous venons d'étudier ; en améliorant le jeu des côtes et du sternum, en développant les muscles, qui s'y insèrent, on agrandit la poitrine et sa course, on augmente le volume du poumon et la capacité vitale, on ralentit et on amplifie le rythme respiratoire ; en un mot, on obtient une ventilation plus énergique et un échange gazeux plus actif.

§ 6. — ACTION SUR LA DIGESTION

La fonction digestive subit, elle aussi, la double *action physiologique* et *mécanique*.

A. ACTION PHYSIOLOGIQUE. — La digestion est plus rapide chez les hommes, qui s'adonnent au travail musculaire, que chez les individus sédentaires, qui sont, au contraire, sujets à des lourdeurs et à des lenteurs digestives ; l'exagération de la faim est un des premiers phénomènes observés chez les recrues, au début de leur éducation physique, et l'appétit est d'autant plus vif, que le travail est plus intense. C'est que ce dernier exige une certaine dépense de matériaux nutritifs et, par suite, le besoin de réparation augmente en proportion, pour le maintien de l'équilibre organique.

B. Action mécanique. — Les exercices, qui favorisent le développement des muscles abdominaux, facilitent la progression des matières dans le tube digestif et maintiennent les organes en place ; leurs contractions exercent un véritable massage sur ces organes : aussi, les dyspepsies et la constipation sont-elles améliorées par des exercices appropriés. Au contraire, le relâchement de la sangle élastique, qu'ils forment, favorise la stase des matières alimentaires, la congestion et le déplacement des viscères abdominaux et produit le ventre en besace. On constate ce dernier, aussi souvent que l'asymétrie des épaules chez les recrues : l'exercice l'atténue rapidement et substitue des muscles fermes à une paroi flasque. C'est ainsi que sur des jeunes soldats, instruits à l'École d'après le nouveau manuel, la circonférence abdominale a subi en trois mois une diminution moyenne de 56 millimètres et cela, malgré une augmentation notable de poids ; l'un d'eux a même vu son ventre tomber de 12 centimètres. Les mêmes résultats ont été observés sur les élèves de l'École après leur stage trimestriel :

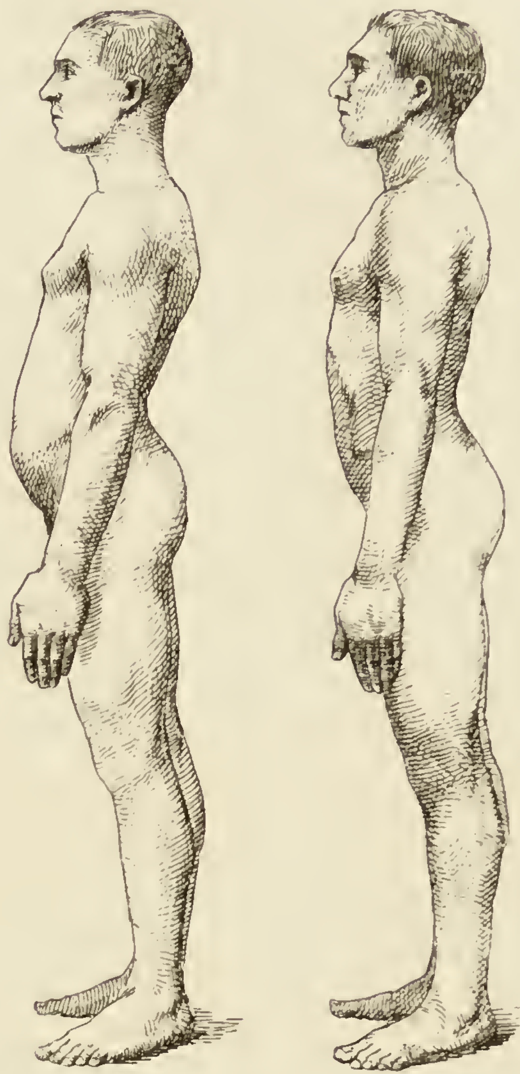


Fig. 299. — Modifications de la paroi abdominale chez un jeune soldat sous l'influence de l'exercice.

Ventre en besace à l'arrivée. Sangle musculaire au bout d'un an.

Sujets examinés	95
Diminués	72
Diminution moyenne	25 mm.
Augmentés et stationnaires	23
Perte moyenne par unité	16 mm.

§ 7. — Action sur la nutrition

La nutrition est mieux réglée par un travail actif, qui accélère les *combustions organiques* et l'*élimination des produits de déchet* et relève la *calorification du corps*.

A. Augmentation des combustions organiques. — L'activité musculaire utilise non seulement les matériaux nutritifs en circulation, mais les substances mises en réserve et en premier lieu la graisse. Aussi, le premier effet de l'exercice méthodique consiste-t-il en un amaigrissement général, qui se traduit par une perte de poids et une diminution de la circonférence pour les différents segments du corps ; ces variations se constatent, chez le soldat, pendant le premier semestre, qui suit son incorporation. La fonte graisseuse est même en raison directe de l'intensité du travail ; les mensurations faites, en 1904, à l'École sur les officiers stagiaires de deux cours, dont l'un a lieu du 15 février au 1er mai et l'autre du 15 mai au 15 août, nous ont donné les résultats suivants :

	Augmentés		Diminués		Stationnaires	
	1er cours.	2e cours.	1er cours.	2e cours.	1er cours.	2e cours.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Poids	83	63	17	37	0	0
Circonférence du thorax . . .	52	15	14	48	34	37
» du bras	66	29	16	50	18	21
» de l'avant-bras .	63	22	7	55	30	23
» de la cuisse . .	76	28	4	59	20	13
» du mollet . . .	43	25	17	60	40	15

Pendant le premier cours, le chiffre des augmentations est considérable, tandis que les diminutions prédominent pour le deuxième cours, où l'augmentation des heures de travail s'ajoutait à une température exceptionnellement chaude.

Dans la paresse corporelle, par contre, les combustions sont diminuées et incomplètes ; ainsi naissent les affections, qui portent la dénomination si caractéristique de maladies par ralentissement de la nutrition, l'obésité, le diabète, la gravelle, la goutte ; aux personnes, qui en sont atteintes, on conseille le travail physique, pour brûler leur graisse, leur sucre ou leur acide urique, déposés dans les tissus.

B. Augmentation des excrétions. — L'exercice produit des déchets plus abondants et exalte l'élimination de ceux que l'oisiveté corporelle entasse dans l'organisme ; le torrent circulatoire plus

véhément agit sur les résidus de la désassimilation à la façon d'une chasse d'eau et fouette les excrétions : il y a ainsi un véritable nettoyage intérieur. Aussi, les produits de combustion augmentent-ils dans les urines, à la suite d'un travail musculaire ; leur élimination, d'après M. Lagrange, commence quelques heures après l'exercice et dure de vingt-quatre à trente-six heures. Les urines, claires au moment de l'émission, déposent par le refroidissement et ce sédiment est formé d'un excès d'acide urique : c'est là une constatation qu'il est facile à chacun de faire pour son propre compte.

Les sécrétions de la peau sont également améliorées ; la transpiration est d'autant plus active que l'homme est moins habitué à l'exercice, qu'il a davantage de produits de combustion à éliminer ou plus à lutter, soit contre la température extérieure, soit contre l'accumulation de chaleur intérieure. De 40 grammes par heure chez l'homme au repos, la quantité de sueur peut s'élever par l'exercice à 400 grammes et davantage ; après une marche de 22 km. 5 par une matinée très chaude, des soldats entraînés, portant le chargement de campagne, avaient subi une perte de poids de 3 kgr. 5, attribuable en majeure partie à la sudation. La toxicité de la sueur, presque nulle à l'état normal, devient considérable pendant un travail musculaire intense, parce que les glandes sudoripares éliminent une partie des résidus toxiques de la désassimilation.

C. Calorification. — La chaleur, qui résulte de l'activité musculaire, est répartie dans l'organisme par la circulation et relève la température du corps ; celle-ci prise d'heure en heure chez des hommes en marche et portant les uns le chargement d'exercice, les autres le chargement de campagne, nous a donné les chiffres suivants :

	1re pause.	3e pause.	5e pause.	7e pause.
Chargement d'exercice	37°,1	37°,6	37°,5	38°
» de campagne.	37°	37°,7	37°,8	38°,2

En outre, l'activité au grand air rend réfractaire aux conditions

climatériques, tandis que l'individu sédentaire a toujours froid et s'enrhume pour ainsi dire au coin du feu.

§ 8. — Action sur le système nerveux

Les exercices ne peuvent s'effectuer que par l'intermédiaire d'organes soumis à notre volonté ; ils mettent donc fatalement en jeu la fonction d'innervation. L'intervention n'est pas limitée aux centres et aux nerfs moteurs, elle s'étend aux centres et aux nerfs sensitifs et sensoriels, qui facilitent l'exécution des mouvements ; elle nécessite la mise en jeu de l'attention et de la volonté. Le travail physique comporte donc une dépense nerveuse, proportionnée au degré d'application qu'il demande ; ainsi, une leçon au manège est plus fatigante pour le cavalier qu'une promenade à cheval en plein air ; de même, l'apprentissage d'un exercice lasse vite, mais par l'habitude, son exécution devient automatique et le cerveau n'y prend plus qu'une part restreinte. Dans ces conditions, l'activité physique devient un repos pour le cerveau ; elle distrait l'homme du travail intellectuel et des préoccupations morales, elle calme les nerfs et procure le sommeil.

Le cerveau intervient également pour coordonner, diriger et fusionner les mouvements, pour régler la dépense de force et la vitesse de contraction ; au début, le jeune soldat gaspille son énergie musculaire sans compter et trouve pénible l'exercice le plus simple, parce que sa volonté ne sait pas commander à ses muscles, mais par l'habitude, il proportionne la force à l'intensité de mouvement et limite la contraction aux muscles strictement nécessaires à son exécution. Le cerveau est donc le véritable organisateur des mouvements et les muscles ne représentent que des agents d'exécution, qui obéissent à son impulsion : l'éducation de la volonté a, par conséquent, son importance dans l'apprentissage des exercices ; c'est la première à entreprendre par l'instructeur, qui, en s'adressant aux sens et aux facultés intellectuelles de l'instruit, met en branle les centres cérébraux moteurs et par leur

intermédiaire les muscles, comme l'attouchement d'un clavier fait vibrer ses cordes.

Le système nerveux règle encore les relations intimes, qui rendent nos grandes fonctions solidaires les unes des autres : au cours du travail musculaire, qui exalte précisément toutes les fonctions, ce champ d'activité s'étend davantage.

Enfin, les qualités intellectuelles et morales, jugement, courage, endurance, sont exaltées par l'exercice physique.

CHAPITRE II

RÉSULTATS DÉFINITIFS POUR L'ORGANISME

Nous avons vu, chemin faisant, l'influence bienfaisante de la pratique méthodique de l'exercice sur les appareils de la machine animale et l'action néfaste de la paresse corporelle, dont on peut dire qu'elle ressemble à la rouille, car elle use beaucoup plus que le travail. Celui-ci développe une harmonieuse activité de toutes les fonctions, et si les organes sont comparables à des outils, ils en diffèrent cependant « en ce que loin de s'user par le travail, par lui, ils se perfectionnent et se fortifient » (Bouchard).

L'activité ne s'adresse directement qu'aux muscles, mais son influence se répercute sur les autres fonctions nutritives, en raison des rapports, qui les unissent au système musculaire, et de la solidarité, qui les relie entre elles. En activant les combustions, le travail améliore la nutrition générale et développe les fonctions chargées d'assurer celle-ci : la circulation, pour un apport plus abondant de substances assimilables, la respiration et la digestion, pour fournir au sang l'oxygène et les aliments nécessaires ; il entraîne parallèlement une élimination plus active des résidus par les organes d'excrétion ; enfin l'innervation est mise en jeu davantage, parce qu'elle règle et coordonne la suractivité des autres appareils.

Sur le système musculaire le *résultat est local*; l'ensemble des avantages, réalisés par les fonctions vitales, constitue le *résultat général* : le premier s'acquiert assez vite, le second avec une grande lenteur; l'un est proportionné à l'intensité du travail et reste limité aux muscles mis en jeu, l'autre relève de la quantité

de mouvement et de sa généralisation. L'effet local peut donc, dans une certaine mesure, être réalisé indépendamment des effets généraux.

Après avoir constaté par quoi se traduisent le résultat local et le résultat général, il nous restera à envisager l'*importance* de l'un et de l'autre et à définir l'état particulier, dont bénéficie l'organisme à la fin et qu'on appelle l'*entraînement*.

§ 1. — Résultat local

Il se traduit par le *développement des muscles* et l'*augmentation de leur force contractile*.

A. Développement des muscles. — On le constate par des pesées et par des mensurations périodiques de la poitrine et des segments de membres. Au début on peut avoir une baisse des chiffres ; elle masque le développement musculaire et tient à trois facteurs, la fonte graisseuse, l'intensité du travail, la quantité de l'alimentation. Plus un sujet est gras, plus le déficit est élevé et durable ; un corps maigre profite, au contraire, presque immédiatement du développement musculaire. A corpulence égale, les pertes sont plus grandes pour celui, qui est soumis à l'exercice intensif ; enfin, si l'alimentation n'est pas proportionnée à la dépense, il y a dépérissement, quand elle est insuffisante, profit plus rapide dans le cas contraire et même profit immédiat, s'il s'agit de miséreux mieux nourris à la caserne qu'auparavant.

De nombreux travaux publiés à ce sujet par les médecins militaires français et étrangers, il résulte qu'avec l'ancienne méthode de gymnastique le jeune soldat présentait pendant le 1er semestre un déficit général, qui était compensé au cours du 2e semestre, au bout duquel il y avait pour la majorité un gain manifeste. Il semble qu'avec l'instruction d'après le nouveau manuel de gymnastique, les pertes ne sont plus aussi accusées, ni aussi durables ; voici, en effet, la proportion et la moyenne des augmentations, qu'ont fournies d'une part de jeunes soldats, instruits à l'École, et

d'autre part des stagiaires, mensurés les uns et les autres à l'arrivée et au bout des trois mois[1] :

	JEUNES SOLDATS[1]		SOUS-OFFICIERS, CAPORAUX ET SOLDATS STAGIAIRES[2]	
	Augmentés.	Augmentation moyenne.	Augmentés.	Augmentation moyenne.
Poids	65 p. 100	2,425 kgr.	58 p. 100	1,296 kgr.
Circonférence de la poitrine. .	52 »	17 mm.	44 »	19 mm.
» du bras	48 »	11 »	75 »	12 »
» de l'avant-bras .	70 »	6 »	54 »	8 »
» de la cuisse. . .	74 »	18 »	70 »	18 »
» du mollet . . .	82 »	9 »	22,5 »	6 »

Par des pesées mensuelles, le médecin major Hirtz a établi également et à une date toute récente que chez la plupart des jeunes soldats le poids ne baisse pas, mais qu'il augmente au contraire brusquement ou progressivement dès le premier mois, pour rester stable ensuite[3].

Le développement musculaire n'est pas illimité. Sur des instructeurs de l'École de Gymnastique, observés pendant toute leur carrière, M. Roblot a remarqué que ce développement a lieu progressivement et présente un maximum au bout de cinq ans de travail ; puis vient une période stationnaire, pendant laquelle la musculature persiste avec sa belle apparence extérieure ; enfin, dans une troisième période, l'homme ne brûle plus tout ce qu'il absorbe, le tissu graisseux reprend le dessus avec l'âge, malgré la continuité du travail, et fait disparaître les belles formes du corps.

B. AUGMENTATION DE LA FORCE MUSCULAIRE. — Mesurée au début

[1] On remarquera que, chez le jeune soldat, la cuisse et le mollet profitent dans une proportion plus forte et davantage que le bras et l'avant-bras, parce que le membre inférieur travaille plus que le membre supérieur; en raison d'une meilleure répartition du travail chez les stagiaires, le développement musculaire des membres est moins inégal.

[2] Les sous-officiers, caporaux et soldats ayant déjà un certain temps de service, on peut objecter que les chiffres, qui les concernent, n'ont point de valeur démonstrative; mais il ne faut pas oublier que le travail à l'École est aussi beaucoup plus intensif que celui du jeune soldat : les deux situations ne sont donc pas sans analogie.

[3] *Archives de Médecine Militaire*, janvier 1905.

et à la fin d'un stage trimestriel sur 95 élèves, la force musculaire a présenté les modifications suivantes [1] :

	Augmentés.	Augmentation moyenne. kgr.	Diminués.	Diminution moyenne. kgr.	Stationnaires.	Gain moyen par homme. kgr.
Pression main droite . .	79	6,670	13	4,920	3	4,875
» gauche. .	70	6,985	15	4,930	10	4,370
Traction des deux mains.	69	17,200	13	8,385	13	11,380

§ 2. — Résultat général

Comme pour les modifications passagères et progressives, il y a lieu de faire l'étude des effets durables, qui surviennent dans chaque appareil et dans chaque fonction de la nutrition.

A. Circulation. — Par la pratique habituelle de l'exercice, le cœur s'adapte au surcroît de travail, qui lui est demandé ; son muscle se développe comme tout autre muscle et ses contractions sont plus énergiques, même à l'état de repos. Lorsqu'un homme exercé se livre à un travail musculaire, l'organe accélère bien ses battements, mais il ne s'affole plus, comme chez le débutant. Quant à la pression du sang, elle aurait chez le professionnel une tendance à s'abaisser, ainsi qu'en témoignent les chiffres suivants, recueillis par le professeur Potain à l'École de Gymnastique sur trois catégories d'hommes :

	Temps de pratique.	Pression.
Nouveaux arrivés	»	16,7 cm.
Stagiaires.	6 semaines	15 »
Moniteurs.	4 mois à 9 ans	13 »

B. Respiration. — C'est encore par des mensurations périodiques, qu'on a déterminé le *développement de la poitrine*, l'*augmentation de l'ampliation thoracique* et celle de la *capacité vitale*, la *modification de l'amplitude et de la fréquence dans le rythme respiratoire*.

[1] Ces mensurations ayant été faites par des moniteurs, nous les donnons sous toutes réserves.

a. *Développement de la poitrine.* — On prend, à intervalles réguliers, soit la circonférence du thorax avec le ruban métrique, placé horizontalement au-dessous de la saillie des pectoraux, soit les diamètres antéro-postérieur et transverse, au moyen du compas thoracique ou du thoracomètre, au niveau de l'appendice xyphoïde; bien entendu, les mensurations doivent toujours avoir lieu dans une position identique de la poitrine, généralement celle de l'expiration forcée.

Nous avons déjà dit que les indications fournies par la mensuration du périmètre thoracique n'ont qu'une valeur relative, en raison des variations de la doublure adipeuse et musculaire, auxquelles il faut ajouter celles du creux, que forme en arrière la colonne vertébrale et sur lequel le ruban métrique passe, en formant pont; ces causes d'erreur sont évitées dans la mensuration des diamètres, parce qu'on utilise des points de repère osseux.

L'augmentation circonférentielle se traduit, chez le jeune soldat, par une plus-value de 2 à 3 centimètres; elle est en raison de l'intensité du travail : ainsi MM. Chassagne et Dally ont rencontré cette augmentation 76 fois sur 100 chez les élèves de l'École de Gymnastique et seulement dans la proportion de 60 p. 100 chez des artilleurs, soumis à des exercices moins fatigants.

b. *Ampliation thoracique.* — Elle se traduit par la différence numérique soit entre le périmètre, soit entre les diamètres de la poitrine, mesurés successivement dans les positions extrêmes d'expiration et d'inspiration.

Chez le jeune soldat, l'expansion circonférentielle augmente après un an de 2 centimètres en moyenne; la gymnastique actuelle paraît profiter plus vite et mieux à la mobilité de la poitrine que l'ancienne, si l'on s'en rapporte aux résultats des mensurations faites sur les stagiaires du 1er cours en 1904 :

	Officiers stagiaires.	Sous-officiers, caporaux et soldats stagiaires.
Sujets examinés.	71	95
Augmentés	53	61
Augmentation moyenne	16 mm.	19 mm.
Diminués et stationnaires	18	34
Gain moyen par unité	10,5 mm.	9,5 mm.

Quant aux diamètres, ils ne présentent qu'à la longue des modifications appréciables, dont la marche semble également s'accélérer sous l'influence de la gymnastique actuelle; voici les chiffres obtenus pour le cours d'officiers, dont nous venons de voir les mensurations circonférentielles :

	Diamètre antéro-postérieur.	Diamètre tranverse.
Sujets examinés.	71	71
Augmentés	45	52
Augmentation moyenne	9 mm.	8,5 mm.
Diminués et stationnaires	26	19
Gain moyen par unité	4 mm.	5,5 mm.

c. *Capacité vitale.* — Elle est en moyenne de 3,8 l. chez le jeune soldat, et s'élève au bout d'un an à 4,3 l., soit une augmentation d'un demi-litre; nous l'avons vue augmenter, en

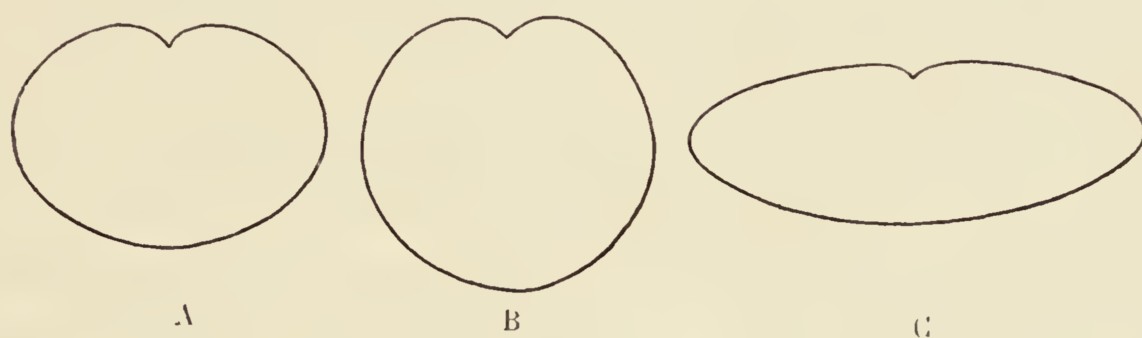


Fig. 300. — Coupe schématique de trois thorax de même périmètre et de forme différente, avec capacité intérieure inégale.

A, Thorax normal; meilleur rendement fonctionnel. — B, Thorax globuleux ; capacité intérieure plus grande, rendement fonctionnel moindre. — C, Thorax aplati ; capacité intérieure moindre, rendement fonctionnel défectueux.

moyenne, d'un quart de litre après un stage de trois mois à l'École, et atteindre 5 à 6 litres, même davantage, chez les professionnels. Son développement ne continue pas indéfiniment; après avoir atteint son maximum, elle reste stationnaire.

La détermination de la capacité vitale est d'une grande importance, mais on ne saurait la juger, ni d'après le développement extérieur de la poitrine, ni d'après l'ampliation thoracique. Il paraît naturel *a priori* de considérer la forme et les dimensions apparentes du thorax comme le critérium du volume du poumon et le développement progressif de l'un comme le signe d'un accroisement corespondant de l'autre; cependant cette relation n'est pas forcée. Avec un périmètre thoracique identique, le volume du poumon peut, en effet, être très variable selon que la poitrine est

arrondie ou plate, car la circonférence enveloppe une plus grande superficie que l'ellipse. Dans ces conditions, la capacité intérieure de la poitrine semblerait plutôt dépendre de la relation, existant entre ses diamètres antéro-postérieur et transverse; mais cette évaluation ne représenterait pas mieux la valeur fonctionnelle des

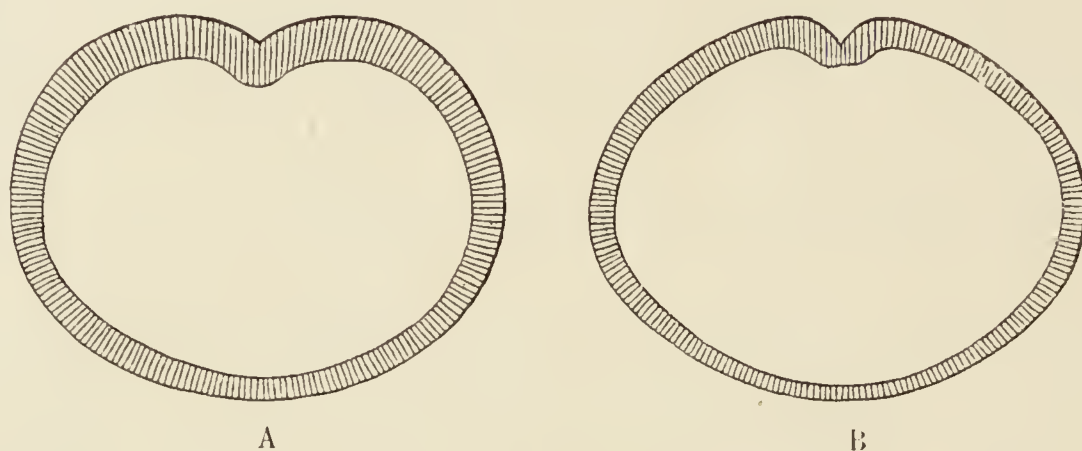


Fig. 301. — Coupe schématique de deux thorax de même périmètre, avec épaisseur différente de la paroi et capacité intérieure inégale.
A, paroi épaisse, capacité moindre. — B, paroi mince, capacité plus grande.

organes qu'elle loge, car le rapport du premier de ces diamètres au second est normalement comme 3 est à 4, et par suite un thorax globuleux n'est pas meilleur, au point de vue fonctionnel, qu'un thorax écrasé. D'autre part deux poitrines de même périmètre, mais ayant une paroi d'épaisseur différente, contiennent nécessai-

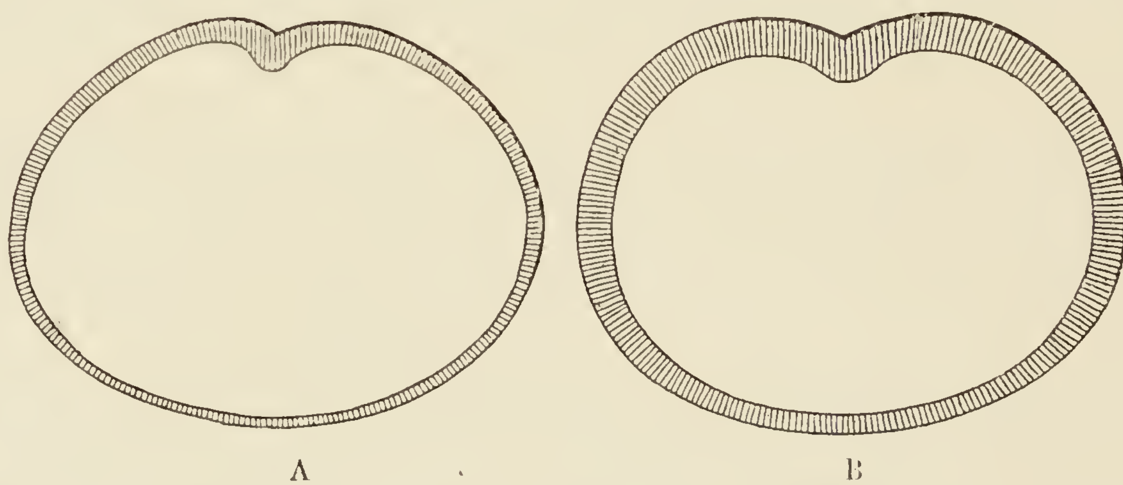


Fig. 302. — Coupe schématique de deux thorax, de périmètre différent, l'un à paroi mince, l'autre à paroi surchargée de muscles, mais à capacité intérieure égale.
A, paroi mince. — B, paroi surchargée de muscles et périmètre plus grand.

rement des poumons de volume différent; de même certains exercices arrivent, par le développement exagéré des masses musculaires, à faire une belle doublure extérieure à la cage osseuse, qui n'en garde pas moins ses dimensions intérieures primitives et son peu de mobilité : il s'ensuit que le volume du soufflet pulmo-

naire ne varie pas. Les sujets, qui présentent une poitrine bien développée, n'ont donc pas nécessairement une grande amplitude respiratoire, ni une capacité vitale élevée; au contraire, une petite poitrine très mobile est plus favorable à une ventilation énergique.

A la suite de mensurations consciencieuses, M. Roblot est même arrivé à contester toute relation entre l'ampliation thoracique apparente et la capacité pulmonaire; cette constatation déconcertante s'explique cependant facilement. Le ruban métrique et le compas thoracique n'évaluent l'expansion que dans deux sens et négligent forcément la valeur du diamètre vertical, dont les variations tiennent au déplacement du diaphragme; or, avec une course étendue dans le sens horizontal, on peut avoir un déplacement peu marqué du diaphragme et, inversement, un mouvement peu manifeste des côtes peut correspondre à une grande variation du niveau de ce muscle : dans le premier cas la capacité vitale sera moindre que dans le second.

Les résultats des mensurations, auxquelles on a recours habituellement pour évaluer l'ampliation thoracique, ne constituent donc pas l'expression rigoureuse de la capacité vitale et n'en donnent qu'une évaluation approximative, souvent erronée; seul le spiromètre fournit des indications précises, encore peuvent-elles être faussées intentionnellement ou non par le sujet, qui ne veut pas ou ne sait pas faire donner à l'appareil le maximum de rendement.

d. *Ralentissement et amplitude du rythme respiratoire.* — La fonction respiratoire a deux moyens à sa disposition, pour satisfaire la suractivité des échanges gazeux, qu'entraîne le travail musculaire : l'accélération du rythme ou bien son ralentissement avec exagération de l'ampleur. Quand on commence à s'exercer, on a recours au premier, qui est défectueux, parce qu'il rend les respirations superficielles et la ventilation insuffisante; le deuxième s'établit par l'habitude et il est parfait, car il permet des mouvements respiratoires profonds et une ventilation énergique.

Le professeur Marey a étudié ces modifications sur des élèves de l'École, au moyen du pneumographe; il a pris à leur arrivée, puis tous les mois, la respiration de chacun au repos et après une course de 600 mètres au pas gymnastique. Au bout de cinq mois, on ne constatait plus de modifications du rythme respiratoire sur les tracés, pris avant et après l'exercice, mais le nombre des respirations était tombé de 20 à 12 et l'amplitude des inspirations avait quadruplé. Par l'habitude du travail musculaire, l'homme arrive donc à respirer deux fois plus d'air et, résultat important, cette ventilation plus active persiste même à l'état de repos. Cette

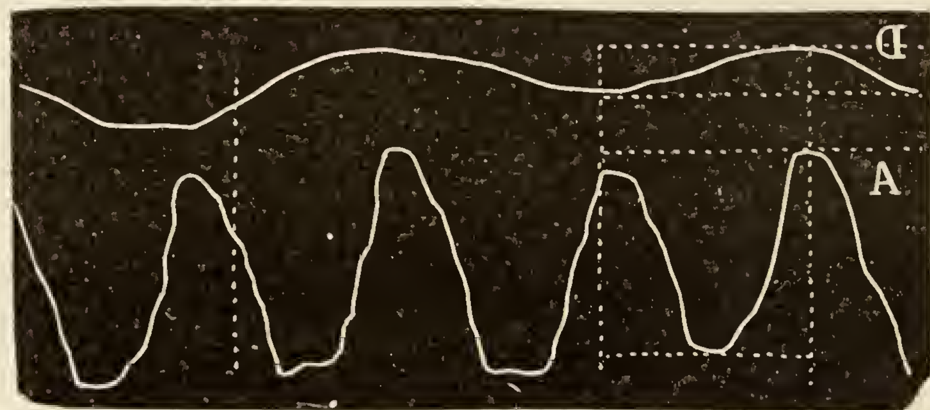


Fig. 303. — Tracé respiratoire d'un cycliste non entraîné avant et après une course (Tissié, *Guide du vélocipédiste*).

Hauteur de l'amplitude respiratoire au départ D = 4 millimètres.
» » à l'arrivée A = 20 millimètres.
Différence = 16 millimètres.

amélioration capitale a été également constatée par M. Tissié chez des professionnels de la bicyclette; le rythme respiratoire présentait si peu de changement sous l'influence d'une course, que le tracé, pris avant, permettait presque à coup sûr de pronostiquer le gagnant, car celui, qui savait le mieux respirer, arrivait en général premier. On peut donc dire de toute façon que l'homme court avec ses poumons.

C. Nutrition. — Elle est améliorée d'une façon permanente, en raison de l'oxygénation plus intense du sang; mais elle ne subit plus des variations aussi étendues que chez l'homme, qui commence à se livrer aux exercices : ainsi, chez ce dernier, l'acide urique s'élève à 1 gr. 50 par litre d'urine et il reste à 0 gr. 65 chez l'homme habitué au travail musculaire. C'est que celui-ci n'épuise

plus son énergie sans compter, mais en fait un emploi raisonné et proportionné au travail; il réalise une économie notable dans

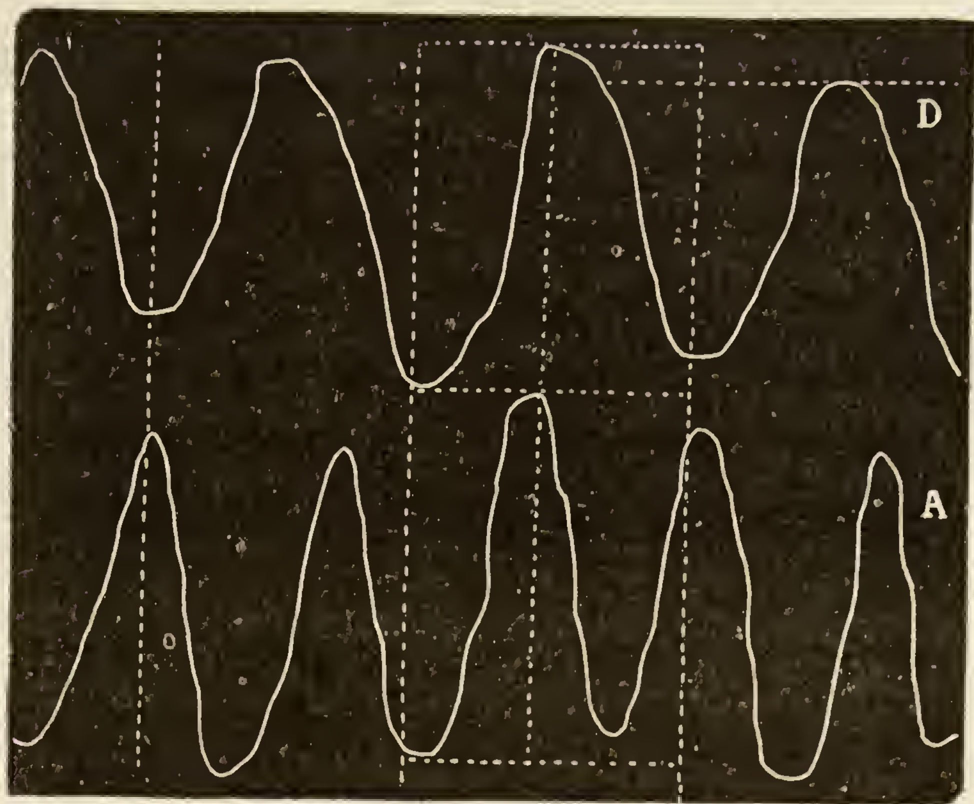


Fig. 304. — Tracé respiratoire du même cycliste après entraînement (Tissié, *Guide du vélocipédiste*).

Hauteur de l'amplitude respiratoire au départ D = 22 millimètres.
» » à l'arrivée A = 25 millimètres.
» » Différence = 3 millimètres.

la force dépensée et la désassimilation se restreint dans les mêmes conditions.

§ 3. — Importance relative du résultat local et du résultat général

Les exercices physiques ont pour but le perfectionnement de l'homme en général, le renforcement de sa santé et l'augmentation de sa résistance vitale : cette amélioration consiste-t-elle dans le développement du muscle et de sa force ou dans un meilleur rendement des grandes fonctions organiques?

Ce fut pendant longtemps une grave erreur de considérer l'athlétisme corporel comme le symbole d'une plus-value de la machine animale. Il n'y a point de rapport entre le résultat local, si prononcé soit-il, du développement musculaire et l'exaltation de la puissance vitale; on peut développer à l'excès les biceps d'un homme, sans pour cela modifier son état général et les poitrines

artificielles des lutteurs, « sur lesquelles bombent des pectoraux bien en relief » dissimulent trop souvent la phtisie.

L'influence bienfaisante du travail sur l'organisme, et cela ne saurait plus être mis en doute aujourd'hui, est la résultante de la suractivité, imprimée au jeu des fonctions nutritives. Parmi elles, il y en a une, qui prédomine au point de vue de l'importance des résultats : c'est la fonction respiratoire. Nous connaissons les modifications capitales qu'elle subit, pour pouvoir fournir au sang la quantité d'oxygène, nécessaire aux combustions musculaires, et lui permettre d'éliminer l'acide carbonique, le plus important des produits de désassimilation. L'intensité de fonctionnement, dont l'appareil respiratoire est capable, constitue donc la mesure du rendement de la machine animale; tant que les poumons assurent les échanges gazeux, la machine fonctionne, le sang charrie aux muscles l'oxygène et élimine l'acide carbonique produit. Lorsque la respiration fléchit, l'oxygénation et l'épuration du sang deviennent insuffisantes et la machine faiblit, puis s'arrête. Aussi est-ce à juste titre que l'augmentation de la capacité respiratoire est considérée comme le critérium de la résistance organique et désignée sous le nom de capacité vitale : la persistance de cette suractivité fonctionnelle des poumons chez l'homme habitué aux exercices permet, en effet, la suroxygénation permanente du milieu intérieur, dans lequel baignent tous les éléments constitutifs de l'organisme.

C'est donc à l'amélioration de la respiration, qu'il faut viser principalement dans la pratique des exercices physiques; mais là nous sommes en présence de deux procédés, préconisés avec une égale ardeur : le travail musculaire, qui intervient indirectement et par voie physiologique, les exercices localisés aux muscles inspirateurs et expirateurs, constituant une véritable gymnastique respiratoire et ayant une influence directe et mécanique sur les mouvements du thorax. Doit-on donner la préférence au premier, parce qu'il s'adresse à l'ensemble du système musculaire, ou au second, précisément en raison de sa localisation ? Chaque méthode a ses avantages; elles ne s'excluent point et peuvent se concilier l'une avec l'autre.

Mais il ne faut pas oublier que l'action utile du travail musculaire réside dans sa quantité, à laquelle l'activité des échanges gazeux est proportionnée: il est donc indiqué de le généraliser le plus possible à l'ensemble du système musculaire. Quand il se borne à un groupe de muscles, il ne saurait retentir utilement ni sur la respiration, ni sur les autres fonctions de nutrition : s'il y a dans ces conditions un résultat local, il n'y a point de résultat général appréciable et, selon l'expression de M. Lagrange, le spiromètre ne marche pas de pair avec le dynamomètre.

Les exercices respiratoires auront surtout pour but de favoriser la profondeur des inspirations, les expirations étant passives et d'intensité proportionnelle. En augmentant ainsi l'ampliation thoracique et la capacité vitale, en activant la ventilation pulmonaire, on porte au maximum les conditions favorables aux échanges gazeux : nous avons vu, en effet, que l'absorption d'oxygène et l'exhalaison d'acide carbonique ont leur plus grande intensité dans l'inspiration profonde. On obtint un autre résultat encore et d'une importance certaine, pour si inattendu et si peu recherché qu'il soit; on contribue à rendre le poumon réfractaire à la tuberculose par cette aération intensive, à laquelle participent les régions que cette maladie affectionne, en raison de leur immobilité habituelle. C'est ainsi qu'on a vu la tuberculose diminuer chez les enfants sourds-muets avec la méthode d'éducation phonétique : en raison du silence forcé, — la parole étant un excellent exercice respiratoire [1], — la capacité pulmonaire est chez eux si faible, qu'ils ne parviennent pas à éteindre à peu de distance la flamme d'une bougie ; or, par la méthode phonétique, on les exerce précisément à souffler une bougie à une distance de plus en plus grande et on favorise ainsi chez eux l'augmentation progressive de la capacité respiratoire, comme l'ont montré des mensurations spirométriques.

Si tout exercice doit contribuer à favoriser le développement de

[1] La déclamation et le chant constituent à plus forte raison une gymnastique respiratoire de premier ordre; les acteurs et les chanteurs, forcés de se livrer à cette gymnastique, ont, en effet, une capacité respiratoire très élevée.

la fonction respiratoire, inversement, aucun ne doit constituer pour elle une entrave ou même une gêne. Il faut éviter, pour cette raison, les exercices nécessitant la production de l'effort, qui, comme nous le verrons, entraîne l'arrêt de la respiration; c'est pourquoi aussi les mouvements, auxquels participent les muscles inspirateurs et expirateurs, doivent être exécutés à la cadence du rythme respiratoire. La suspension prolongée, par les membres supérieurs, bouleverse de même profondément la respiration : ceux des muscles inspirateurs, qui rattachent l'épaule au tronc, sont détournés de leur fonction normale et déploient une force énorme, pour supporter le poids du corps; en outre, comme ils sont à l'état d'extension forcée, ils annulent l'élasticité de la paroi thoracique, empêchent de ce fait son retrait expiratoire et opposent même une action antagoniste considérable aux muscles expirateurs.

A côté de la respiration, il importe de ne pas perdre de vue le perfectionnement des autres fonctions et de contribuer à leur développement par des exercices appropriés. Améliorer la mauvaise attitude par l'action corrective de certaines contractions musculaires, faciliter en temps opportun le travail du cœur ou la circulation dans telle ou telle région par des mouvements judicieux, faire disparaître le ventre en besace, en développant les muscles abdominaux, stimuler la fonction nerveuse; voilà autant d'améliorations à réaliser dans le développement harmonique de l'organisme. Diversité et coordination du travail, de manière à ne laisser dans l'inaction aucun rouage de notre corps : tel est le précepte, qui découle de l'ensemble de ces considérations.

Vers quel idéal humain doit tendre cette éducation phyique ? Les caractères anatomiques et physiologiques de l'homme ainsi amélioré seront : une charpente osseuse solide et symétrique, sans déviation ; une musculature ferme et bien développée, mais sans excès; une poitrine large et ouverte, douée d'une excursion aussi puissante que possible ; une paroi abdominale solide et effacée : une peau sans infiltration graisseuse; au point de vue fonctionnel, on lui demandera un cœur à battements réguliers et énergiques,

une respiration lente et profonde, un système nerveux pondéré. Lorsqu'on aura obtenu ce résultat, on en aura acquis du même coup un autre encore : non seulement les fonctions vitales se seront développées, régularisées et calmées par l'habitude du travail et en vue du travail, mais ces modifications heureuses persisteront à l'état du repos.

§ 4. — Entrainement

On donne le nom d'entraînement à l'état particulier de l'organisme ainsi modifié par l'influence bienfaisante des exercices ; cet état s'acquiert par l'habitude du travail musculaire, grâce auquel tous les rouages s'adaptent graduellement à un fonctionnement plus intense ; il permet à la machine animale d'arriver à un rendement plus considérable, de marcher d'une façon plus énergique ou plus longue, et cela non seulement sans aucun dommage pour la santé, mais encore en endurcissant l'homme contre les causes de maladie. Lorsque le jeune soldat commence à être exercé, il se fatigue vite, il a des battements de cœur, il s'essouffle, il est en nage, il maigrit, malgré son appétit insatiable ; petit à petit toutes les fonctions, circulation, respiration, digestion, transpiration, se régularisent, la graisse disparue est remplacée par des saillies musculaires, les mouvements, au lieu de nécessiter un grand effort, deviennent automatiques, la sensation de fatigue se produit difficilement et tardivement ; le jeune soldat est entraîné. A son arrivée au régiment, il se fatigue à la moindre marche, tandis qu'au bout de quelques mois il peut faire une étape de 30 à 40 kilomètres, sac au dos ; c'est l'effet de l'entraînement.

Développer le corps, augmenter sa vigueur, améliorer sa santé, l'habituer aux privations et aux intempéries, exalter la faculté du travail, retarder la fatigue, telles sont les principales améliorations, dont le soldat doit bénéficier à la faveur des exercices variés, qu'on lui impose quotidiennement : il faut y ajouter, pour le fantassin l'aptitude au port du sac, au tir, à la marche. Le métier militaire ne comporte pas seulement le développement de ces qualités phy-

siques, mais aussi celui de certaines vertus morales, la solidarité, l'abnégation, l'initiative, le courage poussé parfois jusqu'à l'héroïsme.

L'entraînement militaire comprend deux étapes : une période d'éducation physique générale, ayant pour but de perfectionner et d'améliorer chaque homme dans la mesure de ses moyens et de sa résistance ; elle le prépare à l'éducation professionnelle, qui constitue la deuxième période. Dans la première, on peut, par l'instruction individuelle, viser pour chacun à un maximun de résultat utile ; dans la seconde, où l'instruction est collective, on ne doit rechercher qu'un résultat moyen, en se basant sur le rendement des plus faibles. Dans l'entraînement d'une troupe, la question n'est pas de savoir quelle individualité fait le mieux, mais d'arriver à ce que toutes fassent également bien ; il ne s'agit pas d'un concours, dans lequel on n'aboutit que par voie d'exclusion, mais de la mise en jeu de forces solidaires, dont aucune ne doit défaillir. Aussi, le devoir de l'instructeur est-il de s'occuper également de tous ses hommes, de ne pas négliger le moins résistant pour pousser le plus fort, de ne pas faire plier ou décourager le premier par un travail, qui paraît trop modéré au second.

Lorsque les résultats de l'entraînement sont définitivement obtenus, il se produit forcément dans l'amélioration de l'organisme un temps d'arrêt; l'exercice doit-il cesser définitivement à ce moment ? Non, car il faut maintenir et ménager à la fois les avantages acquis et cela au prix d'un travail chaque jour renouvelé ; la vie militaire entretient donc l'homme en état d'entraînement constant et en cela le soldat diffère du sportif professionnel, dont l'état d'entraînement, essentiellement passager, n'est obtenu que pour un rendement maximum, dans un but déterminé et à époque fixe.

II

EFFETS NUISIBLES ET ACCIDENTS DES EXERCICES

Les effets nuisibles et les accidents, qu'on peut constater au cours des exercices, relèvent directement de ceux-ci ou tiennent aux conditions de milieu, dans lesquelles ils sont exécutés. L'exercice devient nocif par son exagération, soit comme intensité, soit comme durée ; le danger réside donc dans sa violence ou son abus.

Tout exercice violent entraîne un acte physiologique particulier, l'*effort*. Lorqu'un homme s'apprête à soulever un fardeau, il fait une inspiration profonde et gonfle d'air ses poumons ; puis la respiration s'arrête, la glotte se ferme par le rapprochement des cordes vocales et les muscles expirateurs se contractent, pour appliquer la paroi thoracique sur les poumons distendus ; le thorax présente ainsi un point d'appui fixe aux nombreux muscles, qui s'insèrent sur lui et qui ont besoin de se contracter énergiquement, pour le soulèvement de la charge. L'acte accompli, l'effort se termine par une brusque et profonde expiration. Notons qu'il ne survient pas seulement dans un travail, qui met à contribution tous les muscles du corps, mais même dans la contraction localisée d'un groupe musculaire, lorsqu'il s'agit pour celui-ci de mettre en jeu toute son énergie ; on constate l'effort chez un homme, serrant un dynamomètre dans sa main. Le conflit entre la mise en jeu des muscles expirateurs et l'air, emprisonné dans la poitrine, a pour résultat une augmentation notable de la pression intra-thoracique, s'élevant jusqu'à 12 et 15 centimètres de mercure et qui peut avoir un retentissement fâcheux sur la respiration

et la circulation. Dans le poumon, la ventilation et les échanges gazeux sont suspendus, la petite circulation est ralentie ; le cœur et les gros vaisseaux intra-thoraciques sont comprimés, le sang est refoulé vers la périphérie, ainsi qu'en témoignent le gonflement des veines au cou et la congestion de la face. Lorsque l'effort est terminé, au moment de l'expiration profonde, le sang se précipite, au contraire, dans les vaisseaux intra-thoraciques, dans le cœur et la petite circulation ; il congestionne les poumons, il encombre les oreillettes et les ventricules, les dilate et augmente le travail du muscle cardiaque.

Il était utile de connaître la physiologie de l'effort, pour comprendre certains des effets nuisibles et des accidents, qui surviennent aux cours des exercices et que nous diviserons en *locaux* et *généraux*.

CHAPITRE PREMIER

EFFETS NUISIBLES ET ACCIDENTS LOCAUX

Nous ferons leur énumération appareil par appareil et à propos de chacun, nous indiquerons le traitement immédiat, qu'il peut être utile d'appliquer, en attendant l'arrivée du médecin.

§ 1. — Parties molles

Généralement peu graves, les lésions des parties molles relèvent tantôt des traumatismes, auxquels expose la pratique de l'exercice, tantôt des conditions extérieures, dans lesquelles il s'accomplit ; à l'une ou à l'autre origine on peut rattacher les *contusions*, les *plaies contuses*, les *ampoules* et les *excoriations*, les *sueurs fétides des pieds*, qui sont les accidents le plus communément observés, en particulier chez le soldat. Un autre accident, quoique rare et quelque peu spécial, mérite d'être signalé : c'est la *rupture du tympan*, qui survient quelquefois au cours de la baignade.

A. Contusions. — Quand un choc, coup de pied, coup de poing, pierre, bâton, etc., agit sur la surface du corps, il peut écraser les parties molles, situées sous la peau, alors que celle-ci résiste, grâce à son élasticité : on a ainsi une contusion. Son caractère principal est l'*ecchymose*, vulgairement le *bleu* ; cette manifestation tient à la déchirure des capillaires de la région et à l'infiltration des tissus par le sang. L'ecchymose est plus ou moins étendue, selon les dimensions du corps contondant, la violence du contact et la vascularisation de la région ; elle se présente sous forme

d'une tache marbrée, à centre plus ou moins noir, dont les teintes successives du violet au vert et du vert au jaune, connues de tout le monde, tiennent aux transformations graduelles de l'hémoglobine du sang épanché. Lorsque le choc est très violent, des vaisseaux plus gros peuvent être interressés et donner lieu à un épanchement sanguin, qui se collecte en un foyer de volume variable et qu'on appelle *poche* ou *bosse sanguine* ; le contenu de cette tumeur peut se résorber ou aboutir à la suppuration.

On traite les contusions par l'application de compresses d'eau blanche ou d'eau-de-vie camphrée ; après quelques jours, le massage et la compression peuvent hâter la résorption du sang.

B. Plaies contuses. — Lorsque la violence du choc dépasse la limite de résistance de la peau, celle-ci est rompue et laisse voir des tissus en état d'attrition : il y a alors plaie contuse.

Leur traitement consiste en un lavage au moyen d'une solution antiseptique (sublimé à 1 p. 1.000) ou simplement d'eau bouillie et en un pansement avec une pommade antiseptique (vaseline salolée à 1 p. 10). Avant de procéder au lavage, il faut, par un savonnage prolongé, se nettoyer les mains; on obture ensuite la plaie avec un tampon de coton hydrophile, imbibé de sublimé, et on procède au nettoyage de la peau environnante; on finit par le lavage de la plaie, qu'on débarrasse de toute souillure. Le matériel nécessaire au pansement consiste en un carré de gaze aseptique, qu'on recouvre de pommade et qu'on place directement sur la plaie; par-dessus la gaze on met une couche de coton hydrophile, qu'on maintient au moyen d'une bande. A moins d'être douloureux, le pansement est levé le moins possible, tous les quatre jours en moyenne. Lorsque la plaie contuse se réduit à une éraflure, on se contente de la recouvrir avec du collodion ou du taffetas.

C. Ampoules et excoriations. — Elles sont provoquées par le frottement prolongé d'un corps dur à la suface de la peau : tantôt l'épiderme de celle-ci se soulève et forme une cloque remplie de

sérosité, puis il se rompt et laisse à nu le derme enflammé et douloureux ; tantôt la peau s'écorche plus ou moins profondément. Ces accidents sont fréquents chez le gymnasiarque aux mains, chez le jeune cavalier au niveau du siège, des cuisses et des genoux et surtout chez le fantassin, qui blesse aux pieds par suite du frottement ou de la pression des chaussures. Ils présentent de ce fait une grande importance dans l'infanterie, où au bout de quelques jours de marche, un dixième de l'effectif peut être mis dans l'impossibilité de suivre le régiment.

Pour prévenir les ampoules chez le marcheur, on a recommandé les précautions suivantes, s'adressant les unes aux pieds, les autres à la chaussure. Il faut éviter le bain de pied, qui ramollit la peau, mais essuyer simplement les extrémités inférieures avec un linge mouillé, avant et après une marche, et les frotter ensuite avec du suif ou de la chandelle ; les souliers seront bien adaptés aux pieds et entretenus en parfait état de souplesse par le graissage. Lorsqu'une ampoule s'est formée, on l'incise avec des ciseaux flambés, en ayant soin de laisser l'épiderme en place et on graisse ensuite la peau avec une pommade astringente (suif salicylé, vaseline au tanin), qui sera utilisée également pour les excoriations. M. le médecin major Berthier préconise pour l'entretien simultané du pied et de la chaussure, ainsi que pour le traitement des ampoules et des excoriations du fantassin, la *suintine*, matière grasse qu'on extrait de la laine de mouton ; elle peut être façonnée en forme de bâton comme le cosmétique : pour la chaussure, on l'emploie pure, pour les pieds, il est aisé de lui incorporer du sulfate de cuivre à la dose de 5 p. 100.

D. Sueurs fétides des pieds. — Ces sueurs, dont la marche exagère la production, ont un double inconvénient ; par leur abondance elles macèrent la peau, qui s'excorie, et rendent ainsi la marche douloureuse, souvent même impossible ; par leur odeur, qui serait due à l'action décomposante d'un microbe, elles constituent une gêne notable.

Des nombreux médicaments mis à l'essai, la formaline donne

les meilleurs résultats : on prévient les inconvénients de cette sudation abondante, en faisant le premier jour trois badigeonnages de formol du commerce étendu de moitié d'eau, et le lendemain autant d'applications de formol pur; pour guérir les lésions de la peau, produites par les sueurs fétides, on badigeonne les régions atteintes deux fois par jour avec des solutions de plus en plus concentrées, dont le titre varie de 2 à 30 p. 100, jusqu'à disparition des accidents et on renouvelle ensuite ces applications tous les huit ou quinze jours; enfin pour désodoriser les chaussures, il suffit d'y verser quelques gouttes de formol.

E. Rupture du tympan. — Elle consiste dans la déchirure brusque de la membrane, qui obture le fond du conduit auditif, et survient au cours de la plongée; nous avons eu l'occasion d'en observer trois cas, en quelques jours, chez des officiers stagiaires. Cet accident peut s'expliquer par le choc brusque de l'eau contre le tympan, au moment, où la tête du plongeur arrive au contact de la surface liquide, ou par un excès de pression, quand il descend profondément. Il importe donc de s'abstenir de cet exercice, lorsqu'on a été atteint d'une affection de l'oreille, susceptible d'avoir altéré le tympan et diminué sa résistance. Aux amateurs du plongeon, on peut conseiller les précautions suivantes :

Eviter de sauter d'une hauteur exagérée;

Porter le bonnet de toile serrée, employé par les pêcheurs des côtes de l'Atlantique et muni d'oreillettes, s'appliquant exactement sur les oreilles, pour empêcher l'eau d'arriver brusquement jusqu'aux tympans;

Faire, avant de plonger, une inspiration profonde et, après avoir fermé la bouche et obturé les narines avec les doigts, refouler, par une expiration, dans l'intérieur de l'oreille un certain volume d'air, qui augmente la pression sur la face interne du tympan et renforce ainsi sa résistance contre la pression extérieure de l'eau [1];

[1] Cette précaution ainsi que le port du bonnet ont été préconisés par le Comité technique de santé, consulté à ce sujet.

Exécuter le plongeon correctement, c'est-à-dire la tête fortement fléchie, la face tournée en avant et non inclinée de côté, pour que le sommet du crâne supporte le choc de l'eau ;

Ne pas plonger à une trop grande profondeur.

§ 2. — Squelette

Si les exercices favorisent la *croissance* et redressent la *déviation de la taille*, ils peuvent aussi entraver l'une et créer l'autre, quand ils sont mal appliqués ; enfin leur exagération ou leur violence peut entraîner des *inflammations osseuses* et des *fractures*.

A. Arrêt de la croissance. — Un travail exagéré dérive les produits d'assimilation dans les muscles aux dépens des autres organes, dans lesquels la vitalité est ainsi amoindrie ; c'est ce qui peut se produire chez l'enfant, dont le système osseux est le siège d'une activité considérable, qu'il faut favoriser et non entraver. Les exercices de force, le port de fardeaux sur la tête et les épaules s'opposent, en outre, d'une façon mécanique à l'accroissement des cartilages de conjugaison et partant à l'allongement du squelette infantile.

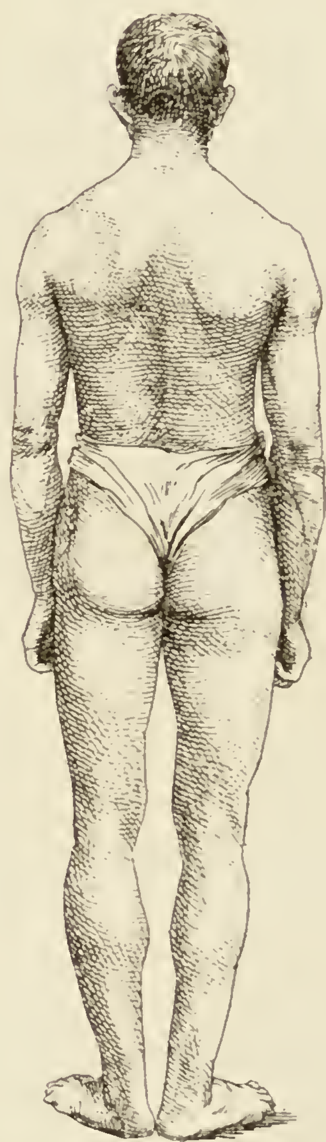


Fig. 305. — Abaissement de l'épaule droite chez un professionnel de l'escrime.

B. Déviation de la taille. — Les professionnels de l'escrime et de la bicyclette en fournissent des exemples frappants.

Chez le premier on rencontre une déviation latérale de la colonne vertébrale, dont la concavité est tournée vers le membre, qui tient le fleuret ; elle coïncide avec un abaissement de l'épaule du même côté, qui peut être le seul signe manifeste de cette déformation. M. Roblot a constaté cet abaissement, sans déviation notable du thorax, chez un tiers

sur 105 sujets d'un cours d'escrime. Mais on ne saurait attribuer aux déformations, constatées chez les escrimeurs, une origine exlusivement professionnelle, surtout si l'on se rappelle la fréquence de la mauvaise attitude chez le soldat en général. Voici, en effet, les constatations que nous avons faites à l'arrivée sur 60 élèves, ayant déjà plusieurs années de pratique :

Sur 53 droitiers . .	Abaissement simple de l'épaule droite. . . .	28
	Abaissement avec déviation de la colonne vertébrale.	10
Sur 5 gauchers. . .	Abaissement simple de l'épaule gauche. . . .	4
	Abaissement avec déviation de la colonne vertébrale.	0

La proportion des déformations (70 p. 100) est à peu de chose près celle relevée plus haut pour les stagiaires de gymnastique ; on peut en conclure que le nombre de celles, qui sont d'origine professionnelle, est infime et qu'elles se manifestent seulement après une pratique longue, assidue et exclusive de l'escrime [1].

Le bicycliste présente fréquemment une voussure du dos, tenant à l'attitude courbée qu'il a prise sur la machine, dès son jeune âge, alors que l'ossification de la colonne vertébrale n'était pas encore achevée.

C. Inflammation osseuse. — Chez les enfants, les exercices fatigants peuvent provoquer des ostéites, ayant pour point de départ les cartilages de conjugaison ; le soldat, après de longues marches, présente souvent un gonflement douloureux du tibia, dû au tiraillement exercé par les fibres musculaires. qui s'insèrent sur cet os.

D. Fractures. — Une fracture consiste dans la solution de continuité brusque d'un os ; elle se produit toutes les fois qu'une pièce du squelette est intéressée par une violence extérieure plus

[1] Quatre autres élèves présentaient d'ailleurs une déviation de la colonne vertébrale, dont l'escrime ne saurait être la cause : chez un gaucher, elle s'accompagnait, en effet, d'un abaissement de l'épaule droite et, chez trois droitiers, d'un abaissement de l'épaule gauche ; deux droitiers étaient atteints, en outre, d'un simple abaissement de l'épaule gauche et deux ambidextres d'un abaissement de l'épaule droite.

grande que sa propre résistance. Lorsque cette force agit directement sur l'os, tel un coup de pied, la fracture siège au point d'application. Quand son action est indirecte, comme dans une chute, la tige osseuse se brise au point où elle est le moins solide. La contraction musculaire violente et brusque, à l'occasion d'un faux mouvement par exemple, peut produire également certaines fractures : les conducteurs d'automobiles sont fréquemment atteints de fractures de l'avant-bras, attribuables aux mouvements brusques, qu'ils impriment au volant de direction. Il appartient au médecin seul de fixer le diagnostic ; le résultat de manipulations intempestives, dues à des mains inexpérimentées, se traduisant le plus souvent par une aggravation de la lésion, on doit s'en abstenir et considérer comme fracturé tout membre, apparemment déformé ou seulement impotent. Les soins immédiats se bornent à soulager les souffrances du blessé, en immobilisant provisoirement le membre atteint au moyen de vêtements, de couvertures, etc. Quelquefois la douleur est atroce, parce que le membre déformé ou gonflé est comprimé par le soulier, la botte ou la manche : il faut, dans ces cas, couper les effets par le côté le plus accessible et ne jamais chercher à les retirer de force au blessé.

§ 3. — Articulations

Les effets fâcheux, que l'exercice peut provoquer dans les jointures sont l'*entorse*, la *luxation* et l'*arthrite*.

A. Entorse. — L'entorse ou *foulure* se produit, lorsque les mouvements d'une articulation sont portés au delà de leurs limites physiologiques ; les moyens d'union sont distendus, rompus ou arrachés des saillies osseuses, sur lesquelles ils s'insèrent et dont ils entraînent souvent des parcelles. C'est au poignet et au cou-de-pied que l'entorse siège le plus souvent.

Son traitement consiste dans le repos, des bains locaux froids ou chauds, pour combattre le gonflement, des applications d'eau blanche ; le massage est utile plus tard, s'il y a de la raideur articulaire.

B. Luxation ou déboitement. — Son mécanisme est le même que celui de l'entorse, mais la distension ou la déchirure des ligaments permettent aux surfaces de se disjoindre.

Elle se traduit par la déformation du membre au niveau de la jointure et l'impossibilité d'exécuter les mouvements, dont l'articulation est normalement le siège. Le soin de réduire une luxation doit être laissé au médecin ; toute autre intervention risquerait d'aggraver les désordres. On se bornera à soulager le blessé, en le plaçant dans une position commode et en immobilisant le membre, comme pour une fracture.

C. Arthrite. — Tout choc sur une région articulaire est susceptible de provoquer une réaction, sous forme d'un épanchement, qui peut être sanguin ou séreux et constitue dans le premier cas l'*hémarthrose*, dans le second l'*hydarthrose*. Des exercices violents ou abusifs produisent également à la longue des altérations dans les jointures : l'attrition des surfaces articulaires entraîne quelquefois des inflammations dans les genoux chez les professionnels de l'escrime et du saut ; les cyclistes présentent souvent, à la suite de longues courses, de l'arthrite du cou-de-pied.

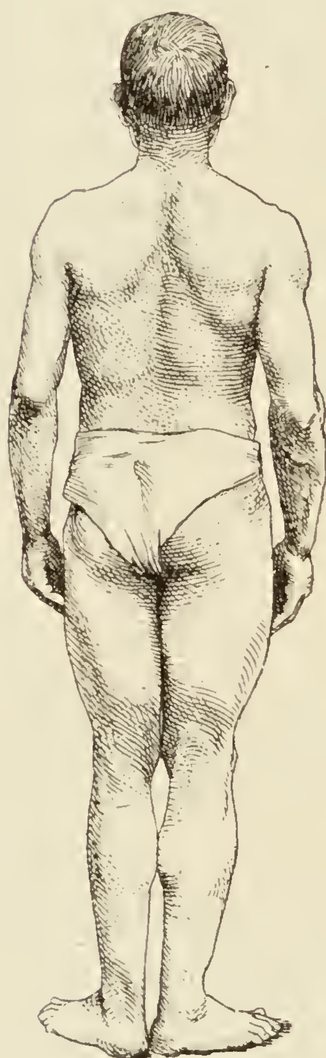


Fig. 306. — Hypertrophie musculaire de la moitié droite du corps chez un professionnel de l'escrime.

§ 4. — Muscles

Les manifestations anormales, qui surviennent du côté du système musculaire à la suite de l'usage irrationnel ou abusif des exercices, sont l'*hypertrophie*, la *contracture*, la *rupture* et la *synovite*.

A. Hypertrophie. — Lorsqu'on localise le travail musculaire à certaines régions du corps, celles-ci prennent un développement exagéré et choquant, qui nuit à l'harmonie des formes. Chez les

professionnels de la gymnastique aux appareils, on rencontre habituellement des trapèzes énormes, donnant à la région l'aspect d'un cou de taureau ; l'escrime entraîne de même une asymétrie du corps, due au développement exagéré du côté, qui manie le fleuret. Les mensurations faites à l'École sur 106 sujets, tant stagiaires que moniteurs et professeurs d'escrime, ayant entre un à vingt-deux ans de pratique, nous ont montré une augmentation constante de la moitié droite du corps, chez les droitiers, et de la moitié gauche, chez les gauchers ; les chiffres les plus élevés ont été les suivants :

	Droitiers.	Gauchers.
Bras	30 mm.	20 mm.
Avant-bras	22 »	20 »
Cuisse	45 »	35 »
Mollet	11 »	5 »

B. Contracture ou crampe. — Elle survient dans les muscles fatigués, particulièrement au début de l'entraînement, chez les jeunes soldats ; le cavalier en est atteint dans les muscles de l'abdomen et les adducteurs de la cuisse, le fantassin présente de la crampe des mollets, après les premières marches, le chasseur alpin, quand il commence les ascensions de montagne.

C. Rupture musculaire. — Elle résulte d'une contraction violente, dont l'énergie dépasse la résistance propre du muscle, et survient, en particulier, dans les mouvements imprévus. Ses sièges de prédilection sont les grands droits de l'abdomen et les adducteurs dans l'équitation, le biceps brachial et le couturier dans l'escrime, les muscles du mollet dans la marche. La lésion se révèle par une douleur intense et brusque, comparable à celle produite par un coup de fouet et accompagnée d'un craquement et de l'impuissance contractile du muscle. Au lieu de la rupture des fibres musculaires, il se produit quelquefois une rupture du tendon ou un arrachement osseux aux points d'insertion du muscle : c'est ainsi qu'on a signalé chez le tambour allemand la rupture du tendon extenseur du pouce au cours d'un roulement ;

l'arrachement osseux n'est pas rare chez le cavalier, au niveau de l'insertion des adducteurs sur le fémur : le périoste détaché peut donner naissance, au milieu du tissu musculaire, à une tumeur osseuse, l'*ostéome des cavaliers*.

La rupture musculaire nécessite le repos, l'immobilisation dans la position de relâchement du muscle, plus tard le massage et la douche.

D. Synovite. — Le jeu abusif des tendons peut avoir pour conséquence une réaction inflammatoire des gaines synoviales tendineuses. Elle se localise au cou-de-pied chez le fantassin, quand il commence les marches ; nous avons vu plusieurs cas de synovite au poignet, chez les élèves du cours de gymastique. Les applications répétées de teinture d'iode, la compression et l'immobilisation en viennent rapidement à bout.

§ 5. — Circulation

L'excès d'exercices peut retentir d'une manière fâcheuse sur le cœur et sur les vaisseaux ; lorsque cet excès est accidentel, les manifestations anormales sont passagères ; quand il est fréquent, il se produit des lésions définitives. Si un travail rationnel et progressif exalte la circulation, le surcroît de travail fatigue le cœur et produit l'*insuffisance cardiaque ;* des exercices intenses et continus entraînent l'*hypertrophie du cœur*, des efforts violents et répétés peuvent occasionner sa *rupture*. C'est encore l'intensité ou la fréquence des efforts, qu'il faut incriminer comme causes des accidents, relevés du côté de l'appareil vasculaire : ce sont des *dilatations* ou des *ruptures vasculaires*.

A. Insuffisance cardiaque. — Elle se produit ou bien parce que le cœur s'affole, ou bien parce qu'il se laisse dilater. Lorsque les battements deviennent trop rapides, leur énergie est sacrifiée à leur vitesse et le cœur se contracte, sans laisser au sang le temps de remplir ses cavités. La dilatation tient à la perte de tonicité

et d'élasticité du myocarde, qui s'épuise, ne réagit plus et permet au sang de distendre le cœur : poussée à l'extrême, elle constitue le *cœur forcé*, dont les contractions sont pénibles, lentes et incomplètes. Dans un cas comme dans l'autre, le courant sanguin est ralenti et il se produit dans tout l'organisme une stase ou congestion passive ; l'irrigation des tissus est insuffisante, l'apport de matériaux assimilables et l'élimination de l'acide carbonique ne correspondent plus aux besoins des organes en travail.

Ces accidents cardiaques ont été observés au cours de marches forcées ; même après un quart d'heure d'exercice, le professeur Potain a vu les dimensions du cœur augmenter d'un tiers chez des élèves de l'École de Gymnastique et M. Teissier a noté une dilatation considérable, après une marche rapide de 80 kilomètres : enfin, des coureurs de profession ont succombé brusquement à des lésions de cette nature.

Les troubles sont d'abord passagers et disparaissent à nouveau par le repos ; mais leur reproduction fréquente peut occasionner, à la longue, des lésions matérielles du cœur, surtout chez les jeunes gens, qui n'ont pas encore atteint leur complet développement : c'est ainsi, qu'à la suite d'un entraînement trop intensif, on a vu le nombre des réformes, pour maladies du cœur, prendre chez les recrues dans certains régiments des proportions considérables.

B. Hypertrophie cardiaque. — Le muscle du cœur se développe par l'exercice comme tout autre muscle ; mais quand il travaille trop, il s'hypertrophie de même : ses fibres se multiplient parallèlement à la surcharge de travail. Aussi, l'hypertrophie du cœur est-elle fréquente chez les professionnels, qui se livrent à des efforts violents et réitérés ; avec le temps, le myocarde hypertrophié s'altère même et se laisse finalement distendre : il survient alors une dilatation chronique.

Le rôle exclusif de la fatigue et de l'effort dans la production de l'hypertrophie et de la dilatation cardiaques n'est cependant pas admis d'une manière unanime ; peut-être faut-il une tare préalable du cœur et, dans ces conditions, les exercices ne serviraient que de

cause occasionnelle à l'éclosion des accidents aigus et des affections chroniques, qui ont été observés. Chez le jeune soldat, les palpitations constituent un indice précieux de l'irritabilité du cœur : certains présentent à la suite du moindre mouvement 150 pulsations à la minute, même davantage, et l'accélération persiste plus d'un quart d'heure, alors que le pouls d'un homme bien portant revient à la normale en quelques minutes ; ces recrues sont à soumettre à l'observation médicale.

On peut donc poser en principe qu'un cœur sain et normal est la condition essentielle de l'exercice physique ; comme il est le premier à ressentir les effets du travail, le plus lent à s'y adapter, l'accoutumance progressive est pour lui d'une nécessité absolue. Il ne faut jamais forcer son cœur : dans la pratique on ne poussera pas un exercice au point de dépasser 140 (Tissié) et au maximum 160 pulsations (Bouchard) à la minute.

C. Rupture du cœur. — La violence de l'exercice, les efforts réitérés peuvent entraîner la rupture du cœur et la mort immédiate ; on l'a observée chez les plongeurs, qui emmagasinent, avant de s'enfoncer, une grande quantité d'air, afin de pouvoir rester plus longtemps sous l'eau, et qui réalisent ainsi les conditions de l'effort.

D. Dilatations vasculaires. — L'élasticité des parois vasculaires peut disparaître à la longue, sous l'influence d'un travail, nécessitant un effort constant. Ainsi naissent les dilatations artérielles ou *anévrysmes* ; les dilatations veineuses ou *varices* sont imputables au même mécanisme, car on ne saurait expliquer autrement les varices des bras chez les bouchers, ou bien elles relèvent de la contraction statique prolongée, dont l'action est souvent corroboée par celle de la pesanteur : de là leur fréquence dans les professions, où l'on travaille debout.

E. Ruptures vasculaires. — L'augmentation de pression, que l'effort provoque dans la circulation, et les changements d'attitude,

qui modifient les conditions de la pesanteur, peuvent non seulement forcer, mais même faire éclater les petits vaisseaux, surtout chez les individus d'un certain âge, qui sont fréquemment en puissance de parois artérielles plus ou moins altérées et fragiles ; il se produit ainsi des hémorragies graves, en particulier dans les poumons et, au cours de la station prolongée la tête en bas, dans le cerveau.

§ 6. — Respiration

Du côté de l'appareil respiratoire, les effets nuisibles sont au nombre de deux : l'un d'ordre indirect et physiologique, l'*essoufflement*, l'autre d'ordre direct et mécanique, la *rupture pulmonaire.*

A. Essoufflement. — Lorsqu'un homme est soumis à un exercice musculaire intense ou à un effort prolongé, on constate une modification particulière de la respiration qu'on appelle l'essoufflement. Celui-ci consiste en un besoin croissant de respirer, accompagné par une sensation d'étouffement de plus en plus pénible ; en même temps, le rythme respiratoire se modifie profondément : il est d'abord accéléré, puis le rapport normal entre la durée des deux temps respiratoires devient inverse, l'inspiration étant facile et prolongée, tandis que l'expiration est brève et incomplète. Si l'on pousse le travail plus loin, la respiration devient de plus en plus superficielle et précipitée : dans ces conditions, l'essoufflement peut devenir mortel par asphyxie ou par syncope : le soldat de Marathon en constitue un exemple classique : des coureurs anglais sont morts de cette manière, après une course trop longue et trop précipitée.

L'essoufflement peut être considéré comme une asphyxie au début, car il tient à ce que la totalité de l'acide carbonique, produit pendant le travail, n'est pas éliminée par les poumons ; son accumulation dans le courant circulatoire excite indirectement, par l'intermédiaire du pneumogastrique, et directement, par le sang irriguant le bulbe, le centre respiratoire, qui précipite les ins-

pirations, sans laisser aux expirations le temps de se terminer. On serait tenté de croire que les exercices, qui essoufflent le plus, sont ceux qui nécessitent l'intervention des muscles, qui contribuent à l'acte respiratoire, parce qu'ils sont détournés de leur rôle ; il n'en est rien, car le travail qui produit l'essoufflement le plus rapide et le plus intense, n'est pas celui des membres supérieurs, par exemple ; on s'essouffle au contraire facilement, quand on court ou qu'on monte un escalier. C'est que le degré d'essoufflement est en raison directe du travail effectué en un temps donné, puisque la production d'acide carbonique est proportionnée à l'intensité des combustions musculaires ; l'essoufflement survient donc d'autant plus vite et il est d'autant plus considérable, que l'exercice s'adresse à un plus grand nombre de muscles. Lorsqu'il est extrême, la gène respiratoire est encore augmentée par la congestion passive du poumon, relevant de l'insuffisance cardiaque, qui accompagne souvent l'essoufflement.

La respiration par la bouche n'atténue en rien le degré de l'essoufflement. D'ailleurs l'inspiration doit toujours se faire par le nez ; aux raisons physiologiques déjà exposées, s'ajoute cette autre que l'air, inspiré par la bouche, dessèche la salive et altère en été et qu'il peut provoquer en hiver des congestions dans le poumon, où il arrive insuffisamment échauffé. Quant à l'expiration, rien ne s'oppose à ce qu'elle utilise la bouche, qui lui ouvre un passage plus large que les narines, si ce n'est la difficulté qu'on éprouvera à fermer et à ouvrir alternativement les lèvres, pour inspirer et pour expirer. Le procédé le plus simple est donc d'inspirer et d'expirer par les narines, le meilleur consiste à inspirer par le nez et à expirer par la bouche.

Par le repos, qui permet au poumon de rejeter l'excès de gaz toxique, l'essoufflement disparaît spontanément. La pratique de mouvements respiratoires amples, combinés, comme nous l'avons dit, à des flexions et à des extensions modérées et alternatives du tronc, constitue un excellent moyen de combattre, après un travail musculaire intense, l'essoufflement et les troubles circulatoires concomitants ; cet exercice régularise à la fois la respiration

et la circulation, car il active la ventilation pulmonaire et les échanges gazeux, il allège le travail du cœur, décongestionne les poumons et retentit même d'une façon bienfaisante sur le courant sanguin périphérique. Avec l'habitude, l'activité de la fonction respiratoire s'adapte progressivement à l'intensité du travail et élimine l'acide carbonique au fur et à mesure de sa production : l'essoufflement ne se montre plus alors qu'à la suite d'exercices très violents ou très prolongés.

On peut considérer avec M. Lagrange l'essoufflement modéré comme la limite, indiquant la dose d'exercice à prendre : tant que l'un ne se produit pas, l'autre est insuffisant; dès que les signes de l'essoufflement surviennent, il faut arrêter le travail.

A. Rupture pulmonaire. — Au cours d'exercices ou d'efforts violents, la pression de l'air emprisonné dans la poitrine peut forcer l'élasticité du poumon et entraîner la déchirure d'un nombre plus ou moins considérable de vésicules pulmonaires.

Certaines altérations de l'arbre respiratoire favorisent l'essoufflement et prédiposent aux ruptures [1]; aussi tout homme s'essoufflant rapidement sera-t-il signalé par l'instructeur au médecin du corps : l'intégrité des voies aériennes est, en effet, indispensable à l'entraînement, tout comme celle du cœur; on peut dire avec M. Roblot que le poumon est l'âme du gymnase.

§ 7. — Digestion

Les effets nuisibles de l'exercice sur la digestion tiennent à l'exagération de son action physiologique ou mécanique ; ce sont des *troubles digestifs*, le *point de côté* et la *hernie*.

A. Troubles digestifs. — Le manque d'appétit, l'exagération de la soif, l'indigestion, la diarrhée sont des manifestations fréquentes

[1] Telles en particulier la déviation de la cloison nasale, l'inflammation chronique des cornets, l'hypertrophie des amygdales, qui gênent mécaniquement la respiration et qu'un traitement approprié fait disparaître, ou encore des affections latentes du poumon et du cœur.

après un usage abusif de l'activité musculaire ; il semble qu'au détriment de son rôle d'absorption, le tube digestif soit exclusivement voué à l'élimination des produits de désassimilation, qui encombrent l'organisme. Dans ces conditions, les réparations ne compensent plus la dépense de force et la machine est obligée de s'arrêter : l'inappétence doit donc mettre en garde contre l'excès de travail.

B. Point de coté. — Ces points surviennent en particulier pendant la course et le saut ; ils sont attribuables à l'ébranlement des organes et aux tiraillements exercés sur les liens, qui, comme ceux du foie et de la rate, les maintiennent en place.

C. Hernie. — Elle est constituée par la sortie de l'intestin, plus rarement d'un autre viscère, à travers certains orifices de la paroi abdominale et survient à l'occasion d'un effort violent, qui comprime fortement le contenu de l'abdomen ; la plus fréquente est la hernie inguinale, qui descend dans les bourses.

En raison des accidents graves d'étranglement, auxquels ces malades sont exposés, la hernie est une contre-indication formelle à tout exercice intensif, même quand elle est maintenue par un bandage, car sous l'effet du mouvement ce dernier se déplace et l'intestin sort. La cure radicale, qui consiste dans la suppression de l'orifice de sortie, est aujourd'hui une opération inoffensive et doit être conseillée à tout hernieux : elle transforme ce demi-infirme en un homme susceptible de la vie la plus active.

§ 8. — Système nerveux

Nous connaissons la part prépondérante du cerveau dans l'exercice, part d'autant plus grande que celui-ci est plus difficile. Quand l'application cérébrale est exagérée, on peut arriver à un véritable épuisement nerveux, se manifestant par une prostration générale et par des symptômes plus graves encore ; M. Tissié rapporte qu'après une course ininterrompue de six jours, organisée à New-York, la fatigue avait été poussée à une telle limite, que

deux coureurs restèrent fous pendant vingt-quatre heures et qu'un autre présenta des hallucinations et du délire. Ces accidents surviennent, avec une grande facilité, chez des personnes déjà atteintes de fatigue cérébrale et qui cherchent un dérivatif dans l'abus des exercices physiques : il faut pour elles faire choix d'un travail facile, qui ne soit ni continu, ni prolongé, de manière à ne pas augmenter l'accablement nerveux.

CHAPITRE II

EFFETS NUISIBLES ET ACCIDENTS GÉNÉRAUX

Sous ce titre nous grouperons la *fatigue*, le *surmenage*, le *coup de chaleur*, la *syncope* et l'*asphyxie*.

§ 1. — Fatigue

La fatigue se traduit par une sensation caractéristique, qui constitue un avertissement contre une dépense exagérée des forces; elle peut servir de transition entre les accidents locaux et les accidents généraux, car elle présente deux formes, l'une *locale*, l'autre *générale*.

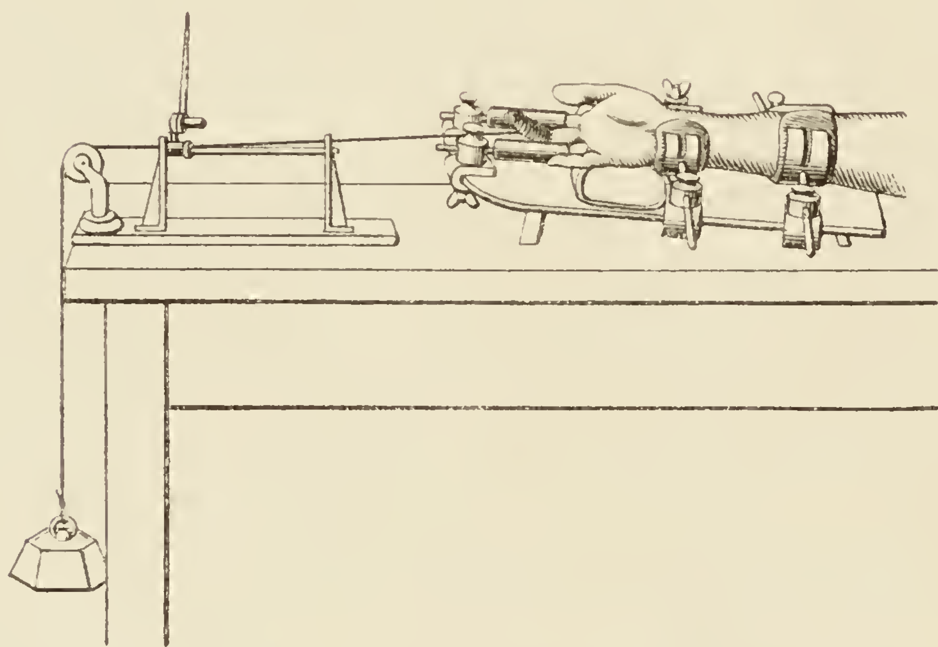


Fig. 307. — Ergographe (Hédon, *Précis de physiologie*).

A. Fatigue locale. — Lorsqu'on impose un travail continu à des muscles déterminés, par exemple ceux du bras pour soulever un poids ou ceux de la jambe pour marcher, la contraction devient de plus en plus pénible et finalement il y a, pour un temps, abolition plus ou moins complète de la contractilité; les masses charnues sont comme meurtries et restent douloureuses pendant un jour ou deux, puis la contractilité reparaît et tout revient à l'état normal.

L'apparition des signes de fatigue varie avec la durée du tra-

vail, la résistance à vaincre, le rythme des contractions. On étudie l'influence de ces conditions avec l'*ergographe* de Mosso, qui permet d'inscrire graphiquement les mouvements de flexion répétés d'un doigt, auquel on attache un poids par une ficelle. Avec un poids constant, l'ampleur des contractions diminue progressivement et les mouvements deviennent de plus en plus pénibles, malgré les incitations croissantes de la volonté ; finalement le doigt ne répond plus, même aux efforts les plus intenses. Des expériences répétées avec des poids différents montrent que la fatigue survient d'autant plus vite que la charge est plus forte. Lorsqu'on fléchit le doigt à chaque seconde pour soulever un poids donné, les mouvements deviennent rapidement pénibles ; si l'on adopte, au contraire, un rythme plus lent, une contraction de 10 en 10 secondes par exemple, les mouvements peuvent être continués plus longtemps.

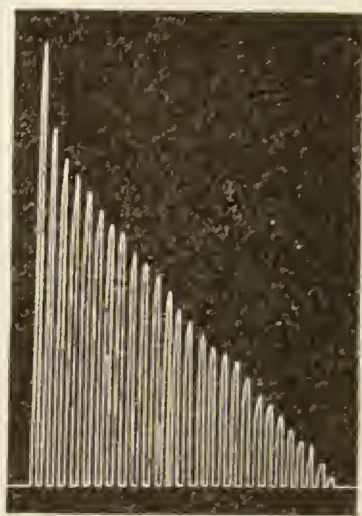


Fig. 308. — Tracé de la fatigue musculaire (Hédon. *Précis de physiologie*).

Les phénomènes de fatigue relèvent d'un facteur musculaire et d'un facteur nerveux. Le premier consiste dans l'action épuisante, exercée sur la fibre contractile par l'acide lactique et d'autres produits des combustions musculaires ; l'injection d'extrait d'un muscle fatigué à un autre diminue, en effet, la contractilité de ce dernier et inversement, en lavant un muscle épuisé sous un courant d'eau, qui entraîne les substances nocives, on lui fait récupérer son activité. Le massage et la douche, en activant chez les individus fatigués l'élimination de ces produits par la circulation, favorisent de même la réparation musculaire. On s'explique ainsi la raison, pour laquelle la fatigue survient plus vite dans la contraction statique que dans la contraction intermittente : dans le premier cas, la compression permanente des vaisseaux nourriciers empêche l'irrigation des muscles et favorise l'accumulation des produits de désassimilation. Après une marche, le soldat localise la fatigue moins dans les jambes que dans le dos et la nuque, dont les muscles ont été contractés en permanence pour assurer le port du sac ; de même la station debout lasse plus vite que la

marche. Pourquoi les mollets sont-ils raides, lorsqu'on repart après un temps d'arrêt ? C'est que, pendant le repos, les muscles ont été le siège du même ralentissement circulatoire que pendant la contraction statique ; lorsqu'ils redeviennent actifs, un courant sanguin plus rapide les débarrasse des produits nocifs et ils retrouvent à nouveau toute leur élasticité.

Le temps, pendant lequel notre volonté est impuissante à faire contracter un muscle épuisé, est utilisé pour le balayage des résidus de combustion et pour l'approvisionnement en produits d'assimilation.

Le facteur musculaire relève encore d'une cause mécanique : la contraction répétée fait subir aux fibres musculaires une série de tiraillements et de froissements, qui sont l'origine de la douleur.

On sait qu'un travail est d'autant plus fatigant, qu'il nécessite une attention plus soutenue ; sous ce rapport l'escrime peut être citée comme un exercice, qui fatigue plus les nerfs que les muscles. En outre, plus un muscle est épuisé, moins il est excitable ; pour qu'il se contracte, il faut des excitations proportionnellement croissantes, ce qui exige une dépense de plus en plus considérable d'influx nerveux. Est-ce le muscle ou la volonté, qui arrive le premier au complet épuisement ? Lorsqu'on fait passer un courant électrique dans un muscle, qui n'entre plus en activité sous l'influence de l'excitation nerveuse, il se contracte encore ; la fatigue nerveuse domine donc la fatigue musculaire.

B. Fatigue générale. — Elle se traduit par de la courbature, des douleurs lombaires, des vertiges, du tremblement, un malaise général et quelquefois par de la fièvre.

C'est après un travail musculaire excessif comme intensité ou comme durée, qu'elle se manifeste. Les produits de désassimilation, qui engorgent d'abord les muscles, saturent ensuite le sang et empoisonnent bientôt tout l'organisme ; ces produits s'éliminent par les reins : à la suite d'une grande dépense de force musculaire les sédiments augmentent, en effet, dans les urines et M. Tissié a montré que la toxicité de celles-ci était quatre fois plus élevée

après une course cycliste de vingt-quatre heures que le lendemain de la course. La fatigue générale est donc une intoxication de l'organisme par les produits de la combustion et de l'usure musculaires ; son origine a une certaine analogie avec celle de l'essoufflement : l'une est due à un excès des produits de désassimilation, s'éliminant par les reins, l'autre à une accumulation de l'acide carbonique, évacué par les poumons.

Le facteur nerveux joue également un rôle dans la production de la fatigue générale : une émotion coupe bras et jambes d'un homme au repos, sans intoxication préalable.

L'entraînement augmente la résistance à la fatigue, parce qu'il équilibre mieux les fonctions d'assimilation et de désassimilation et que l'exercice devient automatique : ainsi un cycliste ou un coureur franchit, sans grande fatigue, une distance qu'un homme, non habitué à la bicyclette où à la course, ne pourrait couvrir.

La fatigue modérée doit être recherchée dans la pratique de l'exercice, tout comme l'essoufflement léger : il est la mesure de l'intensité du travail, auquel l'organisme a été soumis, et trace la limite des exercices utiles.

§ 2. — Surmenage

La fatigue a ses degrés ; poussée à l'extrême, elle constitue le surmenage, auquel on distingue une *forme aiguë* et une *forme chronique*.

A. Surmenage aigu. — On l'observe chez le cheval, qu'on fait marcher jusqu'à ce qu'il tombe pour ne plus se relever, ou chez l'animal, qui meurt forcé dans la chasse à courre. La fatigue de la fonction respiratoire, se traduisant par l'essoufflement, et celle du cœur, qui a pour résultat l'insuffisance de la circulation, marchent dans ces cas de pair avec l'excès de travail musculaire et il est difficile de dire si l'animal succombe par le poumom, le cœur ou l'épuisement général des forces. Le surmenage aigu est rare chez l'homme ; il a été observé cependant chez le soldat après des marches forcées.

Le surmenage relève, comme la fatigue, de l'intoxication générale par les résidus de désassimilation; entre les deux, il n'y a qu'une différence de dose, qui est plus forte pour le premier. Le travail excessif entraîne la production de ces résidus en quantité telle, que les organes excréteurs n'arrivent plus à les balayer et qu'ils encombrent l'organisme entier; ces substances toxiques altèrent tous les éléments, annihilent toutes les fonctions et la mort survient comme dans un empoisonnement. Chez l'animal, qui a succombé dans ces conditions, la rigidité cadavérique se manifeste de bonne heure, en raison de l'abondance d'acide lactique dans le muscle; sa chair est noire, parce que le sang est saturé d'acide carbonique, et elle se putréfie rapidement; cette décomposition se fait d'autant plus vite, que l'animal a été poursuivi plus longtemps.

B. Surmenage chronique. — Il n'était pas rare autrefois dans le milieu militaire et apparaissait surtout après une période d'instruction intensive, telle que la préparation à l'inspection générale, des manœuvres longues et fatigantes, en particulier les manœuvres alpines.

Les signes, par lesquels se révèle le surmenage chronique, sont l'abattement général, l'inappétence et la diarrhée, l'amaigrissement progressif, qu'on a vu s'élever à 5 et 6 kilogrammes après des manœuvres de montagne, l'insomnie, qui empêche le cerveau de réparer sa force nerveuse; souvent il survient un état fébrile particulier, la *fièvre de surmenage*, qui évolue avec l'aspect d'une fièvre typhoïde. Un organisme surmené offre un terrain propice à l'éclosion des maladies infectieuses, en particulier la fièvre typhoïde, qu'on voit éclater souvent après des manœuvres prolongées et d'une façon constante dans les expéditions de quelque durée; des expériences de laboratoire ont démontré la réalité de cette prédisposition : en faisant tourner des rats dans une cage à écureuil et en leur inoculant ensuite le charbon, ils prennent cette maladie, à laquelle il sont réfractaires à l'état normal.

Dans la forme chronique l'intoxication est moins intense, mais

elle se fait par doses successives; en raison des troubles digestifs et de l'excès de travail, il y a, en outre, défaut d'équilibre entre les recettes et les dépenses, d'où l'amaigrissement : les masses charnues fondent, parce qu'elles vivent à leurs propres dépens et que, faute de temps et de produits assimilables, les réparations ne peuvent plus se faire.

La mise au repos complet est nécessaire pour amener la disparition des accidents de surmenage; la restauration est lente à se produire et peut-être le retour de l'organisme à l'état normal n'est-il jamais total : une observation prolongée permettrait probablement de relever des modifications tardives, mais durables, en particulier du côté du cœur.

L'entraînement évite dans une certaine mesure le surmenage, parce que l'assimilation est plus active, la désassimilation moins intense et l'excrétion mieux assurée.

§ 3. — Coup de chaleur

Outre les résidus de la désassimilation, le travail musculaire produit également de la chaleur; lorsque les moyens de déperdition deviennent insuffisants, l'accumulation anormale de calorique dans l'organisme peut amener des troubles graves, même mortels, tout comme l'accumulation des déchets de combustion : la température du corps s'élève progressivement et peut dépasser le degré thermique compatible avec la vie, qui est de 45°.

On donne le nom de coup de chaleur[1] à l'ensemble des accidents que l'homme peut présenter sous l'influence de la chaleur, que celle-ci soit produite par les combustions internes ou par une

[1] Il importe de distinguer le coup de chaleur du *coup de soleil* et de l'*insolation*.
Le coup de soleil est produit par l'influence directe des rayons solaires sur les parties découvertes du corps, figure, bras, poitrine; il consiste en une sorte de brûlure légère et se traduit par une réaction inflammatoire et une rougeur de la peau.
L'insolation se voit surtout dans les pays tropicaux; elle est due aux rayons chimiques de la lumière solaire sur le cerveau, à travers le crâne; elle survient sans que la température soit élevée, même en l'absence de rayonnement direct du soleil, par un ciel couvert ou sous un abri insuffisant, tel que la tente, quand on y reste nu-tête : l'insolation a une action foudroyante, souvent mortelle.

source extérieure, comme la chaleur atmosphérique ou celle d'un foyer artificiel, par exemple la chambre de chauffe d'un vapeur.

A. Origine. — L'échauffement du corps de dehors en dedans a été considéré longtemps comme la cause unique du coup de chaleur, mais on connaît aujourd'hui le rôle considérable que joue le travail musculaire dans l'apparition de cet accident. L'expérimentation a, d'ailleurs, démontré que la température d'un chien, qu'on fait travailler dans une atmosphère chaude, s'élève beaucoup plus vite que celle d'un autre, placé dans le même milieu, mais qui est au repos. Ni l'élévation de la température extérieure, ni le rayonnement solaire ne sauraient être les seules causes efficientes, car on a vu le coup de chaleur se produire à une température de 20° à 25° et par un ciel couvert. Admettons que le calorique vient à parties inégales, variables avec les circonstances et difficiles à déterminer, du dehors et du dedans : sous cette action combinée, la température du corps s'élève rapidement à un degré incompatible avec l'intégrité de l'organisme.

Certaines conditions favorisent la production du coup de chaleur; elles sont de deux sortes : les *conditions atmosphériques*, telles que le degré d'humidité et l'immobilité de l'air, qui entravent la déperdition de la chaleur corporelle ; les *conditions individuelles*, comme le manque d'entraînement, l'insuffisance de repos et d'alimentation ou l'abus d'alcool, les vêtements, la fatigue, qui ont pour résultat de mettre l'organisme en état de moindre résistance.

L'évaporation de la sueur se fait d'autant moins bien, que l'air est plus saturé d'humidité; la réfrigération du corps est, par conséquent, amoindrie. Hiller, médecin militaire allemand, a posé en principe que, par un temps chaud, il est dangereux de faire marcher une troupe, quand l'humidité relative dépasse 65 p. 100.

La soustraction de chaleur par rayonnement ainsi que par évaporation sudorale augmente avec le renouvellement des couches d'air, qui enveloppent le corps ; l'immobilité de l'atmosphère constitue donc une cause défavorable à la perte de calorique. On sait d'ailleurs qu'une troupe, marchant en rangs serrés, transporte avec elle une

colonne d'air, qui est de ce fait surchauffée, saturée d'humidité et aussi de poussière; pour cette raison les hommes, placés au centre, sont plus exposés au coup de chaleur.

Le manque d'entraînement explique la prédisposition des employés, des convalescents, des permissionnaires, des hommes sortant de prison. La privation de repos et de sommeil, l'insuffisance d'alimentation, toutes les circonstances, qui dépriment l'organisme, ont été signalées comme favorables à la production du coup de chaleur; il en est de même de la privation de boisson, qui empêche l'homme de réparer les pertes en eau, subies du fait de la transpiration, et arrête celle-ci; la digestion prédispose à ces accidents, en particulier après un repas copieux. L'alcoolisme invétéré, même l'abus passager d'alcool créent une prédisposition puissante; dans certaines circonstances ,on a pu constater que tous les malades atteints étaient des buveurs et, pour la plupart, des buveurs d'absinthe.

Les vêtements trop épais du soldat gênent la déperdition de la chaleur intérieure et s'échauffent encore sous le rayonnement solaire; lorsqu'ils sont mouillés, l'air ne circule plus dans leur épaisseur et, par conséquent, la couche atmosphérique chaude et humide, qui est en contact avec la peau, ne se renouvelle pas. La température, prise chez les soldats habillés avec les effets réglementaires, a varié après une marche entre 39° et 41°; avec des vêtements plus légers, elle était moindre. Dans la cavalerie, ce sont surtout les cuirassiers, qui sont exposés au coup de chaleur, à cause de la cuirasse et du casque, sous lequel on a trouvé des températures variant entre 40° et 44°.

Le rôle important de la fatigue est démontré par ce fait que, dans l'armée, c'est presque exclusivement le fantassin, qui est atteint et cela, de préférence, après une marche pénible ou une longue manœuvre. Son influence a été prouvée expérimentalement: en enfermant dans un local, où l'on pouvait à volonté élever la température, deux chiens, dont l'un restait au repos, tandis que l'autre faisait tourner une grande cage à écureuil, MM. Laveran et Régnard ont vu les manifestations survenir plus rapidement

dans le dernier cas et elles étaient plus graves, voire même mortelles.

B. Formes. — Le coup de chaleur présente une *forme lente*, de gravité moindre, et une *forme brusque*, qui peut devenir mortelle; il est indispensable que chaque gradé en connaisse les signes et sache donner les premiers soins aux malades.

La forme lente donne lieu aux manifestations suivantes : besoins incessants d'uriner, mal de tête, somnolence et obnubilation, au point que l'homme interpellé ne répond pas ou donne une réponse incohérente; puis surviennent du vertige, une démarche chancelante et finalement le malade tombe, la face congestionnée et couverte de sueurs, la respiration oppressée, le pouls rapide.

Dans la forme brusque, il y a chute subite avec perte de connaissance; la bouche écume, la face est livide, la peau sèche et brûlante, la respiration haletante (40 à 50), les battements du cœur faibles et affolés (120 à 160); des convulsions peuvent survenir; puis le corps se cyanose, le pouls devient irrégulier et se ralentit de plus en plus, ainsi que la respiration et la mort se produit tantôt rapidement, tantôt dans les quarante-huit heures par asphyxie. Le coup de chaleur est d'autant plus grave, que la température est plus élevée : on a constaté 42°, 45° et même plus; souvent elle continue à monter après la mort. Celle-ci paraît tenir à l'action du sang surchauffé soit sur le système nerveux, soit sur les fibres musculaires, en particulier celles du cœur, dont la myosine se coagule à 45°.

C. Soins immédiats. — Les soins doivent être immédiats, sous peine de voir succomber le malade; il faut surveiller les hommes, faire sortir des rangs ceux que le coup de chaleur menace, les coucher à l'ombre, dans un endroit frais, les débarrasser de l'équipement et desserrer la capote, le pantalon, la cravate et la chemise. L'important est de soustraire de la chaleur au corps surchauffé, en l'aspergeant avec de l'eau aussi froide que possible,

même glacée, et en l'éventant au besoin pour activer l'évaporation; si le malade est en syncope, on aura recours en même temps, pour le ranimer, aux moyens que nous décrivons plus loin. Quand il sera revenu à lui, mais alors seulement, on lui fera boire par petites gorgées de l'eau additionnée de café ou du thé froid. Cette intervention hâtive sauvera souvent un homme et permettra au médecin de faire le reste.

D. Moyens préventifs. — Le coup de chaleur a été, surtout autrefois, très fréquent dans les troupes en marche, en manœuvres et en expéditions, non seulement dans les pays chauds, mais aussi dans les climats tempérés. Il importe donc de connaître l'ensemble des moyens, qui permettent dans une certaine mesure de le prévenir, et de les appliquer, en tant qu'elles sont compatibles avec les exigences du métier militaire.

En garnison il est facile de mettre le soldat au repos complet et de le soustraire à la température extérieure, en lui imposant la sieste pendant les heures les plus chaudes de la journée.

En marche ou aux manœuvres, on appliquera les préceptes suivants :

éliminer avant le départ les hommes insuffisamment entraînés;

se mettre en route de bonne heure et rentrer au cantonnement avant la grosse chaleur;

éviter toute fatigue inutile, le rassemblement trop précoce au départ, le stationnement prolongé à l'arrivée au cantonnement;

ne pas partir à jeun et ne pas surcharger l'estomac;

avoir en réserve le bidon rempli de thé ou de café léger et approvisionner les colonnes en eau potable pendant la route;

éviter les bois et les bas-fonds, où la chaleur s'accumule, en raison de l'immobilité de l'air;

faire la halte horaire en un point plutôt élevé ou à l'ombre, au bord d'un bois;

s'asseoir, mais non se coucher sur le sol surchauffé, qui céderait du calorique au corps;

ralentir la marche et multiplier les poses, en particulier quand on repart après une grande halte ;

fractionner les colonnes et éclaircir les rangs, marcher sur les bas-côtés de la route, pour faciliter la ventilation et éviter la poussière ;

déboutonner la capote et porter le couvre-nuque.

En station, il faut prescrire un repos et un sommeil suffisants, fournir une alimentation satisfaisante comme quantité et comme qualité, veiller aux abus d'alcool.

§ 4. — Syncope et asphyxie

La syncope consiste dans la perte de connaissance, avec arrêt du cœur et de la respiration. On la rencontre dans maintes circonstances chez l'homme livré à l'exercice : la dilatation aiguë du cœur et l'essoufflement peuvent entraîner la mort par syncope ; elle survient chez le soldat, parti en marche l'estomac vide, surpris par le froid, par une trop grande fatigue ou par un coup de chaleur ; c'est un accident possible des bains froids et, chez le noyé, elle se combine à l'asphyxie. A la baignade, la syncope s'observe chez les débutants, pris de peur ; elle peut survenir par anémie cérébrale réflexe, après un bain froid trop prolongé, ou, au cours d'un plongeon, après une tête mal piquée, lorsque le front supporte le choc de l'eau et le transmet aux centres nerveux.

Soins immédiats. La syncope nécessite un secours immédiat et chacun doit connaître les moyens de la combattre ; ces moyens sont, d'ailleurs, les mêmes pour l'asphyxie. On peut avoir recours à une série de *petits moyens*, mais il ne faut pas s'y attarder et employer, le plus rapidement possible, les *tractions de la langue* et la *respiration artificielle*.

a. *Petits moyens.* — Le malade sera débarrassé de tout ce qui le gêne, équipement et vêtements, et couché horizontalement sur le dos, la tête plus basse que le reste du corps. Pour le rappeler à la vie, on asperge et on flagelle le visage et la poitrine avec un

linge mouillé ou on frictionne le corps au moyen d'un linge rude imbibé d'alcool ; on provoque le retour de la respiration, en chatouillant les narines ou la gorge avec les barbes d'une plume, ou en faisant respirer des vapeurs d'éther et d'ammoniaque. S'il s'agit d'un noyé, il faut avoir soin de tourner la tête à droite, pour faciliter l'écoulement de l'eau accumulée dans l'arbre respiratoire, débarrasser la bouche des mucosités et provoquer des vomissements, au moyen du doigt introduit dans l'arrière-gorge.

b. *Tractions de la langue.* — On ouvre la bouche, on abaisse la mâchoire inférieure et on la maintient écartée avec les doigts ou au moyen d'un morceau de bois, d'un bouchon, d'un manche de cuillère ou de couteau, qu'on place entre les molaires ; avec le pouce et l'index, garnis d'un mouchoir, on saisit la langue et on exerce sur elle des tractions successives et cadencées, suivies de relâchements, en imitant le rythme de sa propre respiration.



Fig. 309. — Manière de pratiquer les tractions rythmées de la langue.

c. *Respiration artificielle.* — Pour pratiquer la respiration artificielle, on se place derrière la tête du malade, on saisit près des coudes les avant-bras fléchis sur les bras, puis on élève et on abaisse alternativement les membres supérieurs pour dilater et comprimer mécaniquement la poitrine, contre laquelle on a soin de les presser à chaque mouvement. Un aide, placé du côté du tronc, peut renforcer la compression avec ses deux mains, placées sur les côtés du thorax ou encore à plat sur le ventre, pour mobiliser le diaphragme par l'intermédiaire des viscères abdominaux.

Si possible, on pratique simultanément les tractions de la

langue et la respiration artificielle ; il faut surtout savoir persévérer : on a réussi à rappeler à la vie, au bout d'une heure et plus,



Fig. 310. — Manière de faire la respiration artificielle.

des hommes en état de mort apparente par syncope ou par asphyxie.

III

HYGIÈNE DES EXERCICES

Nous réunirons ici l'ensemble des préceptes à suivre dans l'exécution des exercices et des conditions à remplir par l'homme pour arriver à l'état d'entraînement avec le maximum de profit et le minimum de risques; ces préceptes constituent la base de la méthode d'entraînement militaire, qui, par ses moyens aussi bien que par son but, diffère notablement de l'entraînement sportif. Il y a des malaises et des accidents peu graves, auxquels on ne saurait échapper : on n'évite pas la foulure provoquée par une chute ou un saut, ni les bosses que produisent, au cours d'un jeu et dans l'ardeur de la mêlée, un coup de poing maladroit ou un coup de pied, qui se trompe de destination. Mais il est possible d'obvier aux accidents susceptibles de porter un préjudice sérieux à l'organisme, en tenant compte d'un ensemble de conditions, dont les unes sont *inhérentes* à l'*exercice*, les autres à l'*individu*, certaines enfin au *milieu extérieur*.

CHAPITRE PREMIER

CONDITIONS INHÉRENTES A L'EXERCICE

L'attention de l'instructeur doit porter sur la *diversité*, le *rythme*, la *progression*, l'*intensité*, la *durée*, les *heures de l'exercice*, et sur la *nécessité du repos*; c'est en réglant ces conditions et en contrôlant par une surveillance constante les effets produits, qu'il évitera les déboires et les accidents.

§ 1. — Diversité de l'exercice

L'exercice mettra en jeu tantôt le plus grand nombre possible de muscles, tantôt et d'une façon alternative tous les groupes musculaires du corps, ceux du membre supérieur après ceux du membre inférieur, les mouvements des fléchisseurs succédant à ceux des extenseurs.

La généralisation du travail produit seule un résultat général par son retentissement sur les grandes fonctions organiques; donc, en principe, pas de travail exclusivement local, sauf dans le cas, où une région faible réclamerait un développement supplémentaire. Chez le fantassin on pousse souvent à l'excès, dans les premiers mois, l'exercice des membres inférieurs et on oublie que si le soldat a besoin de ses jambes pour la marche, les muscles de la partie supérieure du corps lui sont indispensables pour le tir et le port du sac. Voici, en effet, la proportion des augmentations trouvées pour les segments du membre supérieur et du membre inférieur, après trois mois d'exercices, chez des jeunes soldats instruits à l'Ecole :

	Augmentés.	Augmentation moyenne.
Circonférence du bras	48 p. 100	11 mm.
» de l'avant-bras .	70 »	6 »
» de la cuisse . .	74 »	18 »
» du mollet . . .	82 »	9 »

La cuisse et le mollet ont, comme on le voit, profité plus souvent et davantage que le bras et l'avant-bras, en raison de la répartition inégale du travail entre le membre inférieur et le membre supérieur.

La diversité dans l'exercice est nécessaire pour ne laisser dans l'inaction aucun rouage de l'organisme ; elle rompt, en outre, la monotonie, prévient les déformations du squelette et l'hypertrophie musculaire localisée. C'est ainsi qu'en escrime il est utile de s'exercer alternativement à gauche et à droite, de manière à parer aux déviations de la colonne vertébrale et à développer d'une manière uniforme toute sa musculature.

Tous les exercices ont donc leur bon côté ; il est rationnel de les pratiquer tous, mais de n'en adopter aucun d'une façon exclusive ; c'est le tort des professionnels de se confiner dans le monopole d'un travail localisé.

§ 2. — Rythme de l'exercice

L'étude de la fatigue nous a montré les inconvénients d'un travail désordonné ; les mouvements répétés doivent être exécutés selon un certain rythme, pour permettre aux muscles intéressés de récupérer pendant la pause l'énergie dépensée au cours de la contraction précédente. Dans ces conditions, en effet, l'apparition de la fatigue est reculée indéfiniment, parce qu'entre chaque mouvement la circulation a le temps d'apporter aux fibres musculaires de nouveaux matériaux nutritifs et d'enlever les produits de combustion. Le cœur offre l'exemple le plus frappant d'un rythme parfait, car il se contracte périodiquement pendant toute notre vie sans fatigue. Dans la pratique, on ne peut que se rapprocher de cet idéal, car le rythme à adopter varie avec chaque exercice et

selon chaque individu : l'expérience est le meilleur guide dans le choix de la cadence pour obtenir le maximum de rendement avec le minimum de fatigue.

Dans les mouvements du tronc et des membres supérieurs, la cadence doit également coïncider avec le rythme respiratoire, de manière à ne pas entraver l'expansion et le retrait alternatif du thorax.

§ 3. — Progression

Les modifications produites par le travail sur les fonctions organiques sont lentes et progressives ; il faut donc parallèlement une graduation insensible des exercices, pour amener l'homme à son plus haut degré de vigueur et de résistance : si les heureux effets de l'entraînement résultent d'une activité progressive, les effets déplorables du surmenage ont pour cause une activité désordonnée. L'oubli de ce précepte fondamental a été l'origine la plus fréquente des accidents et des déboires, qui ternissent les résultats.

Mais comment se guider dans le dosage du travail pour ne pas rester en deçà du but et ne jamais aller au delà? Quelle règle suivre pour entraîner l'homme sans secousse, pour augmenter et entretenir sa force de résistance, sans la pousser trop loin et l'affaiblir? La question attend encore une solution définitive et nous manquons jusqu'à présent d'indications précises, qui permettent de fixer pratiquement les limites à ne pas dépasser. Nous avons admis qu'on s'arrêtera à la fatigue modérée ; mais entre la lassitude, qu'on recherche, et le surmenage, qu'il faut éviter, la délimitation est tout aussi incertaine. Bien des procédés de mensuration ont été préconisés pour apprécier le degré de fatigue, mais aucun, ni la combinaison de plusieurs d'entre eux n'a donné de résultats satisfaisants. Ce n'est que par la surveillance constante du sujet, la constatation de son état général et son aspect extérieur, qu'on arrive à se rendre compte si l'équilibre entre la recette et la dépense n'est pas rompu, si la fatigue salutaire ne devient pas du surmenage. Nous avons relevé trois symptômes caractéris-

tiques de ce dernier: l'inappétence, l'amaigrissement progressif et l'insomnie; leur apparition, qu'il est à la portée de chacun de constater, indiquera une fatigue persistante, préjudiciable à la santé, une disproportion entre le travail et les forces de l'organisme. Dans la pratique, c'est surtout le poids qui constituera, en attendant mieux, le moyen à la fois le plus sûr et le plus simple pour constater le degré d'entraînement du jeune soldat: la pesée périodique et la comparaison des chiffres feront connaître à l'instructeur si sa progression est rationnelle. Aussi la courbe individuelle du poids, dont l'établissement a été prescrit par une instruction ministérielle[1] récente, sera-t-elle précieuse non seulement au médecin, pour dépister certaines affections latentes, mais à l'officier, pour apprécier à tout instant le mode et le degré de réaction de chaque jeune soldat à l'égard de la vie militaire; bien plus, des courbes collectives, établies par compagnie ou par bataillon, mettront entre les mains de l'un et de l'autre un document indispensable, qui leur permettra de juger, à tout moment, soit l'état de résistance de la collectivité, soit son degré de fatigue et de doser le travail en conséquence[2].

§ 4. — Intensité de l'exercice

La graduation méthodique s'applique d'abord à l'intensité de l'exercice. On commence par des mouvements modérés: lorsque les muscles y sont habitués, on leur impose des mouvements de plus en plus intenses, de telle sorte que chaque exercice nouveau réalise un progrès sur l'exercice antérieur. Rappelons les deux moyens, qui permettent à tout moment de régler l'intensité du travail: l'accélération du pouls, qui ne doit pas dépasser 140 à 160 battements à la minute, et l'essoufflement modéré, signe plus facile à constater.

Les exercices violents et, à plus forte raison, ceux qui nécessi-

[1] Instruction ministérielle du 31 octobre 1904.

[2] Essai sur une méthode de pesée systématique des soldats par Hirtz, médecin major de 2e classe (*Archives de Médecine Militaire*, janvier 1905).

tent la production répétée de l'effort, doivent être rejetés à cause de leurs dangers. Lorsqu'il est impossible d'éviter l'effort, on doit s'habituer à le cesser non pas brusquement, mais, progressivement, en chassant l'air petit à petit de la poitrine ; il est utile aussi de laisser la glotte et la bouche ouvertes, ce qui atténue les variations brusques de la pression dans la poitrine : ainsi font le boulanger et le bûcheron.

§ 5. — Durée de l'exercice

La durée de l'exercice a besoin d'être graduée comme son intensité. Le travail quotidien sera d'abord peu long ; mais comme la pratique méthodique de l'exercice recule chaque jour la limite de la fatigue, on imposera à l'organisme une activité de durée croissante. Bien entendu cet accroissement ne sera pas illimité : huit heures de travail par jour paraissent constituer une moyenne rationnelle.

L'exercice quotidien comprendra lui-même une série de séances, coupées par des intervalles, où le soldat s'emploiera à d'autres occupations : d'abord courtes et rares, ces séances deviendront progressivement plus longues et plus nombreuses.

Il y a intérêt, également, dès le début de l'entraînement, à ne pas suivre une progression régulièrement ascendante, mais à répartir le travail en périodes d'activité croissante, qui alternent avec des intervalles d'activité moindre ; en d'autres termes, le graphique de l'entraînement serait une ligne ascensionnelle non pas droite et continue, mais formée d'une série d'oscillations. On accoutume ainsi l'organisme à fournir périodiquement une dépense plus grande, comme on le lui demandera plus tard, au moment des marches d'épreuve ou à celui des manœuvres. Mais ces périodes de suractivité ne sauraient dépasser de quatre à six semaines : ce serait une erreur grossière de soumettre une troupe à un entraînement trop précoce, par exemple de le commencer deux mois avant les manœuvres, ou encore de le pousser au point que ces manœuvres constitueraient un repos relatif.

§ 6. — Repos

La machine humaine, comme toute machine, n'est susceptible de fournir qu'une quantité déterminée de force ; des arrêts intermittents lui sont nécessaires pour le nettoyage et la réparation.

L'étude de la fatigue nous a montré, en effet, que le repos est indispensable au muscle et à l'organisme entier, pour permettre l'élimination de l'acide carbonique et des autres produits de désassimilation, dus aux combustions et à l'usure. Tant que le muscle travaille, il vit aux dépens des réserves accumulées dans son intérieur et use ses fibres ; pendant le repos, il refait provision de combustible et renouvelle sa substance contractile. Tous les organes éprouvent ce même besoin de réparation, pour remplacer l'énergie dépensée. Ce travail de restauration est facilité par le ralentissement de toutes les fonctions, parce que dans l'organisme au repos l'activité et partant la dépense sont réduites au minimum.

Le repos doit donc être proportionné au travail et il appartient à l'instructeur de les équilibrer d'une façon judicieuse. Au cours d'un exercice, des pauses courtes et rapprochées sont utiles contre l'essoufflement : en quelques minutes l'organisme se débarrasse ainsi de l'acide carbonique en excès. Une période de travail fatigant demande des intervalles de repos plus longs, quelques heures à une journée, parce que l'évacuation des résidus de désassimilation par les reins est lente. Les périodes de rendement exceptionnel, telles les manœuvres, nécessitent des périodes consécutives de repos d'une certaine durée, pendant lesquelles l'organisme se refait ; à ce moment le degré d'entraînement baisse, mais la reprise du travail le fait remonter rapidement à l'ancien niveau.

Le sommeil constitue un repos absolu : les fonctions de relation sont supprimées et leurs appareils, le système nerveux en particulier, se trouvent dans les meilleures conditions pour l'accumulation d'énergie vitale ; seules les fonctions de nutrition restent en activité, mais avec un minimum de travail. Un homme adulte a besoin de huit heures de sommeil.

§ 7. — Heures d'exercice

Les heures d'exercices n'ont d'importance qu'en raison de leurs relations avec celles des repas. Le travail à jeun doit être proscrit; il n'est pas moins mauvais de s'y livrer aussitôt après avoir mangé: la congestion des muscles dérive le sang de l'appareil digestif, entrave les sécrétions ainsi que l'absorption. Le bain froid constitue même un véritable danger, s'il est pris peu après un repas: l'impression de l'eau froide sur la peau provoque un déséquilibre si profond et si brusque entre la circulation interne et la circulation périphérique, que la mort peut survenir dans une syncope.

Un repos relatif est, au contraire, utile à la digestion : un intervalle de deux heures au moins doit séparer tout travail intensif du repas et cet intervalle sera porté pour le bain froid à cinq heures, durée moyenne de la digestion.

Inversement, il n'est pas bon de manger copieusement après un exercice violent, parce que l'afflux du sang vers l'estomac et l'intestin entraverait brusquement la circulation cutanée et la réfrigération du corps. Le danger, auquel expose l'absorption d'une boisson froide en grande quantité par un homme en sueur, doit être connu de tous : la mort subite a été observée dans ces conditions ; on se rince d'abord la bouche à plusieurs reprises, on boit ensuite lentement et par petites gorgées.

CHAPITRE II

CONDITIONS INDIVIDUELLES

L'individu, qu'on soumet à l'exercice, présente des conditions organiques, telles que l'*âge*, la *constitution*, auxquelles il faut adapter le travail; d'autres, au contraire, sont modifiables et se laissent adapter au travail, en vue de tirer de celui-ci le meilleur bénéfice; de ces dernières nous retiendrons les *vêtements*, la *propreté corporelle* et l'*alimentation*.

§ 1. — Age

L'exercice ne saurait être le même pour l'*enfant*, l'*adolescent*, le *soldat*, l'*adulte* et le *vieillard*.

A. Enfant. — Le corps de l'enfant ne profite que d'exercices simples, qui favorisent le développement de ses fonctions. Tout travail violent constitue un danger pour ses organes fragiles, dont il dépasse facilement la résistance ; il est hors de proportion avec l'état de son appareil locomoteur et provoque des accidents du côté du squelette et des muscles. Chaque excès de fatigue occasionne un surcroît de dépense, qui devient un prélèvement fâcheux sur sa croissance.

B. Adolescent. — Après seize ans, l'organisme a subi une transformation complète ; il devient plus apte au travail intensif, sagement dosé, et à la fatigue. Dans les Ecoles militaires préparatoires, où les enfants séjournent de treize à dix-huit ans, l'éducation phy-

sique est divisée en deux périodes distinctes, qui sont précisément basées sur les principes physiologiques précédents ; nous avons pu nous rendre compte des avantages que la pratique des exercices, ainsi comprise, peut réaliser chez l'enfant, par les observations faites à l'École de Montreuil : lorsque les jeunes gens s'engagent à dix-huit ans, leur développement est tel, qu'ils ont une aptitude au service militaire au moins égale à celle des recrues, qui arrivent au corps à l'âge de vingt et un ans.

Ces constatations permettent de prévoir les excellents résultats que les Sociétés de gymnastique peuvent obtenir pour la préparation des jeunes gens au service militaire, surtout à notre époque, où la durée de plus en plus restreinte du séjour sous les drapeaux nécessite un entraînement rapide et intensif à la caserne.

Avec la réduction du service militaire à deux ans, cette préparation de la jeunesse à la vie militaire deviendra une nécessité inéluctable : il faudra que les recrues possèdent, au moment de leur incorporation, non seulement la souplesse, la vigueur et l'endurance, qui les rendent susceptibles d'un entraînement rapide, mais aussi les qualités morales, dont on fait des vertus militaires : celles-ci ne peuvent être l'œuvre de quelques mois, comme le seront à la rigueur les qualités physiques, « elles doivent être le couronnement d'une éducation reçue dès le premier âge » (Tissié).

C. Soldat. — L'idéal serait donc que le jeune soldat arrive au régiment déjà mis en forme par une éducation physique antérieure commencée à l'école, continuée pendant l'adolescence et qui le rende apte à l'instruction professionnelle immédiate. La tâche de l'officier instructeur serait ainsi facilitée : il continuerait l'œuvre de perfectionnement physique, comme il continue l'œuvre de perfectionnement intellectuel et le passage au régiment ne serait qu'une période de l'éducation physique nationale, que chacun, instruit par lui-même de son utilité, aurait à cœur de continuer, pour son propre compte, après le service militaire. On propagerait ainsi dans la nation le goût de l'exercice ; on contribuerait au relèvement physique des générations actuelles, ce qui aurait

pour conséquence de préparer dans l'avenir des générations plus fortes.

Il n'en est pas encore ainsi et l'éducation physique du jeune soldat est plus souvent à faire qu'à continuer; dans ces conditions l'entraînement militaire est plus dur et présente maint écueil, parce qu'il s'adresse à une collectivité, dont chaque unité a une origine différente, est obligée de s'acclimater à un milieu nouveau, à la vie commune, à une alimentation autre et doit s'adapter à un travail jusqu'alors inconnu.

D. Adulte. — L'organisme adulte est en plein épanouissement fonctionnel; tous les exercices lui sont profitables.

E. Vieillard. — Avec l'âge, les rouages redeviennent plus fragiles; la résistance moindre du squelette, les altérations de l'appareil circulatoire excluent les exercices violents et soutenus : la modération redevient la règle et elle ne doit viser qu'à maintenir le bénéfice acquis pendant l'âge adulte.

§ 2. — Constitution

Les aptitudes de chacun varient encore d'une façon notable avec la constitution; on a bien essayé d'évaluer l'aptitude au service militaire, chez le conscrit ou la recrue, au moyen de plusieurs facteurs, la taille, la circonférence thoracique, le poids, ou par la combinaison de ces éléments l'un avec l'autre, mais on n'a pas réussi à l'exprimer par une formule absolue. Au cours de l'entraînement, il se présentera donc encore un certain nombre de non-valeurs à éliminer.

D'ailleurs, dans la collectivité militaire, l'aptitude n'est pas la même pour chacun; il y a des forts, des faibles, des malingres, que l'officier instructeur doit connaître individuellement. Aussi sa présence est-elle utile à l'incorporation pour noter ces différences, ainsi que les défauts physiques, que lui signalera le médecin et qui sont nombreux et disparates, car il n'y a pas d'homme sans

défectuosité. Par des exercices appropriés, il s'attachera à y remédier pendant la période d'instruction individuelle et ce sera le moment de mettre à profit les connaissances anatomiques et physiologiques acquises.

Les règles fondamentales de l'entraînement deviennent d'une application difficile dans le milieu militaire, composé d'unités, ayant une valeur aussi inégale. Ce n'est pas au plus fort, que doivent s'attacher la surveillance et la sollicitude de l'instructeur, mais au plus faible : les exercices seront proportionnés aux capacités de ce dernier ; son essoufflement motivera la pause générale au cours d'un travail donné, sa fatigue persistante entraînera l'interruption ou l'arrêt temporaire d'une période d'entraînement sérieux et prolongé.

§ 3. — Vêtement

Des vêtements appropriés contribuent à l'augmentation du profit que l'organisme retire de l'exercice, s'ils facilitent l'exécution des mouvements, l'évaporation de la sueur et le rayonnement de la chaleur. Ceux du soldat ne répondent pas entièrement à ce but, mais ils doivent satisfaire à tant d'autres conditions, qu'on ne saurait les apprécier exclusivement au point de vue, auquel nous nous plaçons. Nous nous demanderons seulement quelle est la meilleure manière de se vêtir, en laissant à chacun la liberté de s'en rapprocher le plus possible.

Et d'abord à quelles conditions doivent satisfaire ces vêtements ? Ils seront simples, souples, larges, de manière à laisser libres de toute constriction le cou et la racine des membres et à ne pas entraver les mouvements du corps; leur couleur sera écrue ou blanche, car elle sera une garantie de propreté et exigera un nettoyage fréquent ; comme la laine irrite la peau et se rétrécit par le lavage, on donnera la préférence au coton et à la toile. Le meilleur vêtement de dessous est, selon la saison, le gilet marin ou le tricot à jour sans manche; on met, par-dessus, un pantalon et une veste en treillis ou en toile, des espadrilles ou des souliers en toile, à

semelle de corde et sans talon. A l'Ecole de Gymnastique, cette tenue est complètée par une large ceinture, dont l'utilité a été contestée : elle a l'avantage d'empêcher le flottement de la veste et de renforcer la paroi abdominale dans les exercices de force, mais il faut se garder de la serrer, sous peine d'entraver le jeu des dernières côtes. Cette recommandation est également de rigueur pour le ceinturon et la cravate.

Il est utile de se munir toujours d'un vêtement de dessus, capote ou pèlerine, dont on s'enveloppe pendant les périodes de repos, pour éviter le refroidissement brusque du corps en immobilité et se garantir du vent ou des courants d'air, si l'on est en transpiration.

§ 4. — Propreté corporelle

Elle est indispensable chez tout homme, qui se livre avec assiduité à l'exercice, pour débarrasser la surface du corps des produits plus ou moins toxiques, éliminés par la transpiration.

L'hydrothérapie constitue même un adjuvant utile de l'exercice et la douche froide est de pratique courante à l'École de Gymnastique. Nous connaissons déjà son action mécanique sur le muscle fatigué, action proportionnée à la force du jet; la température de l'eau exerce également une influence directe sur la circulation périphérique; l'impression du froid sur la peau provoque, par action réflexe, le resserrement des petites artères et cela d'autant mieux que l'on a plus chaud; après la douche, il se produit une réaction inverse, qui a pour conséquence un afflux du sang sous la peau. Enfin, la douche a une action tonique sur les terminaisons nerveuses.

Le maximum d'effet utile est réalisé par la douche froide, à jet fort, d'une durée croissante de 15 à 30 secondes, pas davantage, sur le corps en sueur; la douche en pluie est d'une efficacité moindre, nous dirons même d'une utilité contestable, lorsqu'elle tombe sur la tête.

§ 5. — Alimentation

La recette doit être équivalente à la dépense comme quantité et comme qualité, pour que l'équilibre organique soit maintenu; un cheval doit être mieux nourri quand il travaille beaucoup que s'il reste immobile à l'écurie : il en est de même de l'homme. L'augmentation de la ration est donc le corollaire de l'augmentation de travail; le soldat ne supporterait les fatigues des manœuvres avec la ration de garnison, qu'en empruntant un supplément de forces aux réserves nécessaires à la vitalité même des organes.

Longtemps on a considéré l'*alcool*, sous forme de vin et eau-de-vie, comme un stimulant indispensable à l'homme, qui travaille ; nous avons vu que ce n'est pas un aliment, mais qu'il fait perdre le goût de la nourriture, surtout quand on boit à jeun ou entre les repas. Les boissons alcooliques, à l'usage desquelles les guides de montagne ont renoncé spontanément après expérience, ne sont donc nullement nécessaires, même au cours des exercices les plus fatigants : la ration d'eau-de-vie, allouée autrefois aux manœuvres, a été supprimée avec juste raison.

L'augmentation qualitative et quantitative portera sur le *sucre* et la *viande* : c'est le sucre, en effet, que le muscle brûle pendant le travail, ce sont les matières azotées de la viande, qu'il utilise pour la réparation de sa propre substance. Les expériences, faites en Allemagne et en France, ont montré que l'addition quotidienne de 50 à 60 grammes de sucre au régime ordinaire accroît la faculté de travail et retarde la fatigue chez le soldat. La quantité de sucre actuellement allouée au soldat pourra donc être renforcée, surtout en manœuvres et en campagne; cette amélioration a déjà eu lieu pour la viande, dont l'allocation a été portée depuis 1890 à 400 grammes pour la ration normale et même à 500 grammes pour la ration forte de campagne. C'est aussi en sucre et en viande, plutôt qu'en vin, que devra passer aux manœuvres le boni de l'ordinaire; on peut donner le sucre sous n'importe quelle forme, en nature, en boisson, ou lui substituer du miel, des fruits sucrés,

du chocolat, dont le pouvoir nutritif bien connu tient précisément à sa richesse en sucre.

Le *café* et le *thé* ne sont pas nutritifs, mais renferment des principes, qui stimulent le système nerveux et retardent la sensation de fatigue : leur emploi est donc utile en manœuvres et en campagne.

On a essayé également dans l'armée certains produits, comme les feuilles de coca et la noix de kola, communément appelés *aliments d'épargne*. Lorsqu'on mastique des feuilles de coca, il survient de l'anesthésie de la bouche et de l'estomac, grâce à la cocaïne qu'elles renferment : on supprime ainsi temporairement la sensation de faim, sans nourrir l'organisme. La noix de kola a une action tonique analogue à celle du café et du thé ; son emploi permet à l'organisme de mieux supporter la fatigue. Mais l'absorption exagérée de coca et de kola a donné lieu à des accidents : on ne saurait pour cette raison en faire un usage courant dans l'armée.

CHAPITRE III

CONDITIONS DE MILIEU

Le travail corporel, nous l'avons vu, n'est qu'un moyen; il a pour but principal l'amélioration de la fonction respiratoire : fournir aux poumons un air pur est donc la condition première d'un exercice profitable; ceci nous amène à comparer l'*exercice en chambre* et l'*exercice en plein air*.

§ 1. — Exercice en chambre

Il n'est pas besoin d'un long examen, pour se convaincre qu'il s'effectue dans des conditions déplorables, en particulier quand il s'agit d'une collectivité. L'absorption d'oxygène et l'élimination d'acide carbonique sont quintuplées dans l'organisme en travail : on peut juger par là de la rapidité avec laquelle une atmosphère confinée devient irrespirable et combien dès lors les échanges gazeux sont défectueux; non seulement il n'y a pas de profit pour l'homme à s'exercer dans un pareil milieu, mais la viciation rapidement croissante de l'air peut l'exposer à des accidents. A cet inconvénient, s'en ajoutent deux autres : l'impossibilité de se livrer, faute d'espace, à un travail intensif vraiment utile et la production de flots de poussière, qui augmentent encore la mauvaise qualité le l'air.

L'exercice dans les chambrées est donc sans grand profit pour le soldat : quand on dispose d'un gymnase couvert, il est indispensable qu'il soit largement ventilé par le toit et que le sol soit entretenu de manière à éviter la poussière; un préau fermé de trois côtés est plus hygiénique qu'un local complètement clos.

§ 2. — Exercice en plein air

C'est donc au grand air, que doit se pratiquer tout exercice. Le froid n'est pas une contre-indication, à condition de prescrire des exercices variés, qui entretiennent la chaleur dans toutes les régions du corps; la pluie et le vent seuls présentent du danger parce qu'ils provoquent un refroidissement, rapide du corps, en particulier quand il est en sueur. A l'École de Gymnastique, le travail a lieu au grand air, même en hiver, et cependant on n'y observe presque jamais d'affection attribuable au refroidissement; en temps de pluie ou de vent seulement, les exercices se font sous un hangar couvert.

Les mêmes exercices produisent des effets variables avec la température extérieure. Par un temps froid les capillaires superficiels se contractent et le sang s'accumule dans les organes profonds, où la pression augmente; un froid intense peut même provoquer de véritables congestions de ces organes et entraîner des accidents graves, quelquefois mortels. Une température extérieure élevée produit des effets inverses : le sang abandonne les organes internes, pour affluer à la peau et au moindre mouvement la transpiration survient, pour combattre le surchauffement du corps. En hiver, on évitera donc l'immobilité prolongée et on fera exécuter des exercices susceptibles de réchauffer et d'activer la circulation cutanée; en été, au contraire, le travail n'aura pas la même intensité et sera coupé de repos plus fréquents.

Ajoutons que pour la baignade la température atmosphérique est sans importance; celle de l'eau seule est à prendre en considération : on se baigne à l'École tant que l'eau ne marque pas au-dessous de 16°. Des conditions atmosphériques, le vent peut être dangereux, parce qu'il refroidit rapidement la surface du corps : aussi est-il indiqué de se déshabiller dans un espace couvert et de ne pas stationner en plein air, soit avant, soit au cours du bain.

OUVRAGES CONSULTÉS

AUBERT. — Les phénomènes de la vie.
— Histoire naturelle des être vivants.
BEAUNIS. — Nouveaux éléments de physiologie humaine.
BORDIER. — Précis de physique biologique.
BOUCHARDAT. — Le travail, son influence sur la santé.
CASSEDEBAT. — L'entraînement et ses effets chez le fantassin.
CAMPOS-HUGUENEY. — De la méthode expérimentale dans l'étude de la constitution de l'homme.
DEMENY. — Les bases scientifiques de l'éducation physique.
HARTÉLIUS. — Gymnastique suédoise (Traduction Fick et Vuillemin).
HÉDON. — Précis de physiologie.
HILLER. — Le coup de chaleur dans les marches, Berlin 1902.
KUMLIEN. — La gymnastique suédoise.
LAGRANGE. — Physiologie des exercices du corps.
— L'hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens.
— L'exercice chez les adultes.
LANGLOIS et DE VARIGNY. — Éléments de physiologie.
LAULAINIÉ. — Energétique musculaire.
LAVERAN. — Hygiène militaire.
LEITENSTORFER. — L'entraînement militaire, Stuttgard 1897.
PETIT. — Conférences sur l'alcoolisme.
PIZON. — Anatomie et physiologie animales.
POIRIER et CHARPY. — Traité d'anatomie humaine.
POTAIN. — La pression artérielle chez l'homme.
Règlement sur l'instruction de la gymnastique du 22 octobre 1902 et annexes.
RETTERER. — Anatomie et physiologie animales.
ROBLOT. — Principes d'anatomie et de physiologie appliqués à la gymnastique.
— Guide pratique des exercices physiques.
TESTUT. — Traité d'anatomie humaine.
TISSIÉ. — La fatigue et l'entraînement physique.
— Guide du vélocipédiste.
— L'éducation physique.
VIAULT et JOLYET. — Traité de physiologie humaine.
VUILLEMIN. — Manuel de gymnastique.

TABLE DES MATIÈRES

FONCTION DE LOCOMOTION

I. — Squelette.

II. — Articulations.

III. — Muscles.

FONCTION DE NUTRITION

I. — Circulation.

II. — Respiration

III. — Digestion.

IV. — Nutrition proprement dite.

FONCTION D'INNERVATION

Système nerveux.

INFLUENCE DE L'EXERCICE SUR L'ORGANISME

I. — Effets utiles et résultats des exercices.

II. — Effets nuisibles et accidents des exercices.

III. — **Hygiène des exercices.**

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

